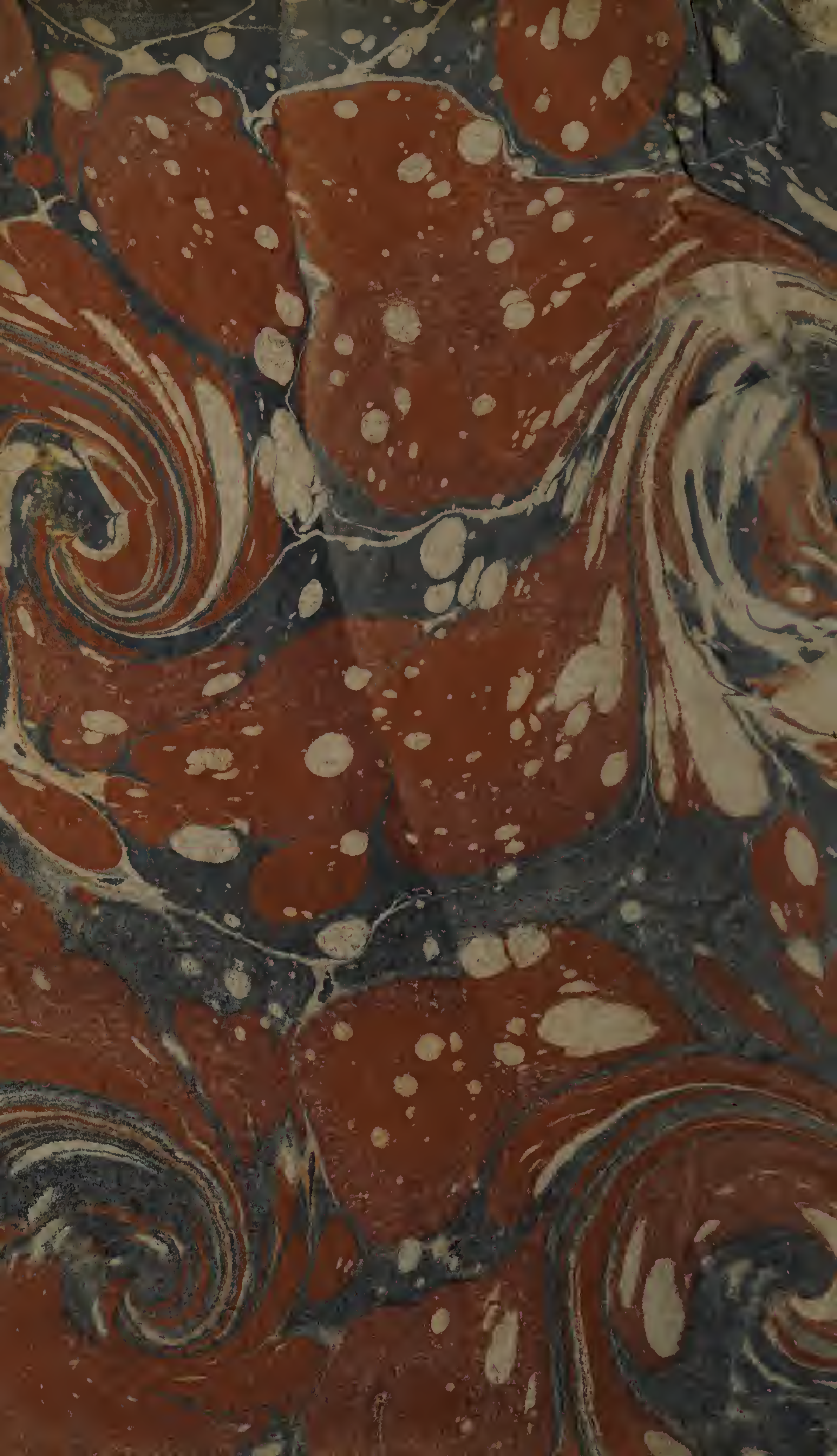




DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

TOME PREMIER.

L'Auteur commence tous les ans ſes Cours de Phyſique après la Saint Martin, dans ſon Cabinet de Machines, rue Saint Jacques, près Saint Yves, maiſon de l'Univerſité.

DESCRIPTION
ET USAGE
D'UN CABINET
DE
PHYSIQUE EXPERIMENTALE,

Par M. SIGAUD DE LA FOND, ancien Professeur de Mathématiques, Démonstrateur de Physique expérimentale en l'Université, de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies d'Angers, de Baviere, de Valadolid, de Florence, &c.

2 vol. in-8°. avec figures, 12 liv. brochés.

TOME PREMIER.

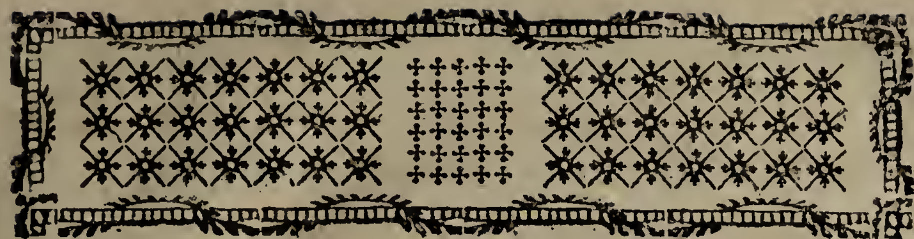


A PARIS,

Chez P. FR. GUEFFIER, Libraire-Imprimeur, au bas de la rue de la Harpe.

M. DCC. LXXV.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.



A MONSIEUR

TRUDAINE DE MONTIGNY,

CONSEILLER D'ÉTAT, INTENDANT DES FINANCES, DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, &c. &c.

MONSIEUR,

EMPLOYER les momens qu'un Miniſtere laborieux accorde à vos délaſſemens, à cultiver la Phyſique, à vérifier les nouvelles découvertes, à étendre leurs progrès, & à faciliter les recherches des Savans, en leur procurant des inſtrumens bien ſupérieurs à ceux dont on ait fait uſage juſqu'à ce jour, ce ſont autant de titres à la vénération & à la reconnoiſſance des Phyſiciens. Ils euſſent

ſuffi, Monsieur, pour me faire deſirer de vous préſenter l'hommage d'un travail qui s'accorde avec votre goût pour l'expérience; mais l'approbation que vous avez donnée à la conſtruction de mes appareils & à ma maniere d'opérer, lorſque j'ai eu l'honneur de vous compter au nombre de mes Auditeurs, eſt un nouveau motif qui m'eſt bien plus perſonnel encore. L'intérêt de l'Auteur ſe joint ici aux ſentimens que vous lui inſpirez. Un Ouvrage de ce genre que vous voudrez bien agréer, peut-il ſe préſenter ſous de plus favorables auſpices? Permettez donc, Monsieur, que j'aie l'honneur de vous l'offrir comme le témoignage certain des ſentimens de reconnoiſſance & du profond reſpect avec leſquels je ſuis,

MONSIEUR,

Votre très-humble &
très-obéiſſant ſerviteur,
Sigaud de la Fond.

APPROBATION.

J'ai lu par l'ordre de Monſeigneur le Garde des Sceaux, un Manuſcrit intitulé, *Deſcription & uſage d'un cabinet de Phyſique expérimentale, par M. Sigaud de Lafond.* J'eſtime que cet Ouvrage, écrit avec clarté & préciſion, doit être utile aux Phyſiciens & aux Amateurs, & qu'on peut en permettre l'impreſſion.

A Paris, ce 22 Février 1775. VALMONT DE BOMARE.

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A Nos amés & féaux Conſeillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prévôt de Paris, Baillis, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra : SALUT. Notre amé le ſieur SIGAUD DE LAFOND, nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire imprimer & donner au Public un ouvrage intitulé, *Deſcription & uſage d'un cabinet de Phyſique expérimentale*, s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilége pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces Préſentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui ſemblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de ſix années conſécutives, à compter du jour de la date des Préſentes. Faiſons défenſes à tous Imprimeurs, Libraires & autres perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance; comme auſſi d'imprimer, ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire ledit ouvrage, ni d'en faire aucuns extraits ſous quelque prétexte que ce puiſſe être, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Expoſant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts, à la charge que ces Préſentes seront enregiſtrées tout au long ſur le regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris dans trois mois de la date d'icelles; que l'impreſſion dudit Ouvrage ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, que l'Impétrant ſe conformera en tout aux réglemens de la

Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725, à peine de déchéance de la présente Permission; qu'avant de l'exposer en vente, le Manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMENIL, qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur de MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMENIL; le tout à peine de nullité des Présentes: du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour duement signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & feaux Conseillers, Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de haro, charte normande, & lettres à ce contraires: Car tel est notre plaisir. Donné à Paris, le vingt-deuxieme jour du mois de Mars, l'an de grace mil sept cent soixante-quinze, & de notre regne le premier.

Par le Roi en son Conseil. LEBEGUE.

Registré sur le Registre XIX de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imp. de Paris, n°. 8. fol. 407. *conformément au Réglement de* 1723, *qui fait défenses, Article IV, à toutes personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, faire afficher aucuns livres pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre huit exemplaires prescrits par l'Article* 108 *du même Réglement. A Paris, ce* 21 *Avril* 1775.

HUMBLOT, Adjoint.

De l'Imprimerie de P. F. GUEFFIER. 1775

PRÉFACE.

REGARDÉE de tout temps comme la plus intéreſſante & la plus utile de toutes les Sciences, la Phyſique fut cultivée dans tous les ſiécles : mais bien différente de ce qu'elle étoit anciennement, depuis que le flambeau de l'expérience éclaire la marche du Phyſicien, il n'eſt point de ſiécle où elle ait fait plus de véritables progrès que dans le nôtre. L'expérience de *Toricelli* fut, ſans contredit, l'époque de la révolution ſubite qui fit changer de face à l'étude de la Phyſique.

Le génie ſublime de *Paſchal*, qui ſut modifier de différentes manieres cette importante expérience, & qui enrichit encore la Phyſique de pluſieurs autres également importantes ; l'induſtrie d'*Otto de Guerick*, qui produiſit la machine pneumatique ; la ſagacité de *Robert Boyle*, qui la perfectionna, & qui ſut en tirer le plus grand parti, pour

nombre de recherches nouvelles, toutes également intéreſſantes & propres à inſpirer le goût de l'expérience ; le zele & les travaux infatigables de pluſieurs Savans, qui s'emparerent enſuite de la route qu'on venoit de leur tracer, & qui entraînerent après eux une grande partie des plus célebres Proſélytes des préjugés de l'ancienne Ecole, acheverent cette heureuſe révolution.

Ce fut alors que la Phyſique, ſortant pour ainſi dire de ſon berceau, nous fit appercevoir une partie des richeſſes qu'elle nous prodigua par la ſuite. Ce fut alors que l'Hiſtoire naturelle, la Chymie, la Médecine théorique, & quantité d'autres ſciences, commencerent à mettre à profit les ſecours qu'elle leur offroit ; & c'eſt, ſans contredit, à la Phyſique expérimentale qu'elles doiven ttoutes aujourd'hui une grande partie de l'éclat qui les diſtingue.

Plus perſuadé que jamais de cette vérité notre ſiécle ſe livre entiérement à cette pré-

cieuſe méthode, & on lui doit nombre de découvertes plus intéreſſantes les unes que les autres, que les théories les plus ſublimes n'euſſent pu ſoupçonner. Mais, par une fatalité qu'on ne peut trop déplorer, on voit, en parcourant l'hiſtoire de ces découvertes, que l'expérience a toujours eu à lutter contre la prévention & l'eſprit de ſyſtême, & qu'elles ne ſont arrivées qu'à pas lents à ce degré de perfection qui nous les rend ſi précieuſes.

Bien long-temps avant *Paracelſe*, les Phyſiciens n'ignoroient point que la combuſtion, la fermentation & l'effervefcence dégagoient de preſque tous les corps une ſubſtance élaſtique qu'ils nommerent *ſpiritus ſilveſtre*, mais dont ils ne connurent point la nature. *Paracelſe* la confondit avec l'air ordinaire. *Vanhelmont*, ſon Diſciple, la nomma *gas ſilveſtre*, & la regarda comme une vapeur incoercible qu'on ne pouvoit raſſembler dans des vaſes, ni réduire ſous forme viſible. *Boyle* la nomma *air artificiel*;

& malgré le génie d'obſervations qui le conduiſoit dans toutes ſes recherches, il n'étendit guere plus loin que *Vanhelmont* les progrès de cette connoiſſance. *Halles* la ſaiſit ſous un nouveau jour, & on peut dire, à ſa gloire, que s'il ne parvint point à nous donner des idées plus préciſes de la nature de ce fluide, il nous ouvrit une nouvelle route propre à nous conduire plus ſûrement au but auquel nous euſſions dû arriver depuis long-temps, ſi l'eſprit de ſyſtême n'eût encore retardé les progrès que nous ne pouvions attendre que de l'expérience.

Je ne parlerai donc point ici des travaux de *Macbride*, de *Meyer*, de *Jaquin*, de *Crans*, & de quantité de célebres Phyſiciens qui ſe ſont particuliérement occupés de cet objet. Quelques importans qu'ils ſoient, l'eſprit de ſyſtême auquel leurs Auteurs ſe ſont livrés, leur dérobe une partie de l'utilité qu'on pouvoit s'en promettre, mais dont on eſt dédommagé par ceux du Docteur

Prieſtley, en Angleterre, & encore plus par ceux de M. *Lavoiſier*, en France. L'exactitude ſingulière qu'on remarque dans ſes opérations, la ſimplicité & la clarté qu'il a miſes dans leur expoſition, la retenue avec laquelle il préſente ſes concluſions, nous font tout eſpérer de la ſuite des travaux de ce célebre Académicien. C'eſt en conſultant l'expérience, l'eſprit dégagé de tout préjugé & de toute opinion, qu'il convient de ſuivre la marche de la nature, & qu'on parvient à la forcer juſques dans ſes derniers retranchemens.

Franklin, ce génie ſupérieur à qui nous ſommes rédevables de nos connoiſſances les plus intéreſſantes en matiere d'électricité, ne ſe laiſſa point ſéduire par tous les ſyſtêmes ingénieux qui partagoient les plus ſavans Electriciens de l'Europe. Il ne conſulta que l'expérience; la nature lui confia ſon ſecret ſur la fameuſe bouteille de Leyde : il découvrit l'éfficacité des pointes pour nous ga-

rantir des funeftes effets de la foudre, & détourner de deffus nos têtes ce redoutable météore. Malgré la confiance qu'on devoit avoir à un procédé confirmé par l'expérience la moins équivoque, malgré les effais multipliés qu'on en avoit fait avantageufement, en Angleterre, l'efprit de fyftême & la prévention ne s'oppoferent que trop longtemps, en France, à l'exécution d'une pratique auffi précieufe à l'humanité, & dont tous les Savans reconnoiffent actuellement l'efficacité.

La fufion des métaux, par l'intermede du feu électrique, leur calcination, leur réduction en chaux métalliques, leur révivification, font encore le fruit de l'expérience & des travaux utiles de ceux qui fe font livrés à cette excellente maniere d'étudier la Phyfique.

On ne peut donc trop louer la méthode de ces célebres Phyficiens, qui, fe défiant de leurs propres idées, ne propofent que mo-

destement leurs doutes sur les causes, & nous présentent avec toute l'exactitude & la précision possibles, des faits, des analogies & des conclusions constatées par l'expérience. On ne peut donc trop encourager ces Amateurs qui se multiplient tous les jours, & qui, se livrant avec zele à l'étude des faits, s'empressent de se procurer les meilleurs appareils relatifs à leurs goûts & au genre de travail qu'ils veulent suivre. On ne peut donc que grandement espérer de ce goût général pour l'expérience, qui s'étend jusques dans nos Provinces les plus éloignées, de cette noble émulation qui surmonte les difficultés qui s'y opposent, & engage actuellement presque tous les Professeurs de Physique à se procurer d'excellentes machines, & à monter des cabinets. Que ne doit-on pas attendre des travaux multipliés de cette multitude de Savans aussi zélés pour les progrès de la Physique, si, profitant mieux que *Descartes* d'un précepte excellent qu'il établit, *ils re-*

noncent à toute prévention particuliere, & sur-tout à ce je ne sais quoi de faux que chacun met dans sa maniere d'envisager les objets extérieurs, s'ils ne perdent jamais de vue cette observation importante pour l'étude de la Physique, faite par l'un des plus savans Physiciens de l'Europe! Un disciple d'*Aristote*, dit le célebre *Mussenbroek*, dans son Discours sur la meilleure maniere de faire les expériences, les saisit, les apperçoit d'un autre œil qu'un Carthésien, & le Carthésien différemment encore de ceux qui suivent les principes de *Stahl* & de *Newton*. Embrasser un systême, c'est presque se condamner à ne voir les choses que d'un certain biais, & éviter de les voir de tout autre; c'est, pour ainsi dire, se mettre sur les yeux un verre teint d'une couleur particuliere, sans s'embarrasser si ce verre altérera ces objets ou s'il les ternira. Il faut donc abjurer tout parti & avoir secoué le joug de toute autorité, pour entreprendre de bien faire des expé-

riences ; il faut y apporter un génie particulier & un jugement très-ſain. Le génie ſert à nous faire découvrir de nouvelles routes, & le jugement nous conduit à travers ces routes avec la diſcrétion & la prudence qui nous empêchent de nous égarer.

Ce ſont ces obſervations qui nous ont engagé à compoſer un Ouvrage dans lequel, mettant de côté toutes les théories phyſiques, nous ne préſentaſſions à nos Lecteurs, que des inſtrumens & des expériences : mais pour leur rendre en même temps le ſervice de ces inſtrumens commode & familier, nous nous ſommes propoſés de leur indiquer la maniere de s'en ſervir, les précautions qu'il convient de prendre en quantité de circonſtances, pour que le ſuccès de l'expérience fût aſſuré & conſtant. Nous nous ſommes encore propoſés de les mettre ſur la voie des travaux qu'ils pouvoient ſuivre, de leur indiquer ce qu'on avoit déjà fait & ce qui reſtoit encore à faire pour hâter les progrès de la ſcience.

Nous ne nous sommes donc point bornés à décrire simplement des machines, & à indiquer leurs usages. Nous avons cru devoir suivre la marche ordinaire d'un cours de Physique expérimentale. Nous avons divisé cet Ouvrage en onze Sections principales; nous avons distribué ces Sections en autant d'Articles particuliers qu'elles en ont été susceptibles; & lorsque ces Articles ont pu fournir différentes branches de division, nous les avons eux-mêmes divisés en plusieurs Paragraphes : il est même quelques-uns de ces Paragraphes que nous avons cru devoir subdiviser en plusieurs Nombres, afin de ne point confondre des objets disparates, & de mettre, dans notre Ouvrage, tout l'ordre dont il étoit susceptible.

Nous avons toujours exposé avec soin, dans chaque branche de division, l'état de la question qu'on se propose d'y résoudre, les difficultés qu'elle présente, les appareils dont on peut faire usage pour remplir cet objet.

La defcription de chaque appareil eft toujours fuivie de la maniere d'en faire ufage, ou de la maniere de faire l'expérience : vient enfuite la conclufion qui fuit naturellement de cette expérience. Souvent nous ajoutons des obfervations particulieres fur la maniere de procéder; ces obfervations font le fruit de l'habitude que nous avons acquife à manier des machines & à étudier les inconvéniens qu'on rencontre dans le fervice de plufieurs. Elles feront particuliérement utiles aux Amateurs & aux Savans mêmes, qui n'auront point encore cette habitude : elles leur épargneront des recherches toujours pénibles & ennuyeufes. Nous ajoutons encore, lorfque l'occafion s'en préfente, des réflexions qui indiquent au Phyficien la matiere qu'il doit traiter & les Ouvrages qu'il peut confulter à ce fujet.

Il eft quelques articles auxquels nous donnons un peu plus d'étendue. Ce font ceux dont nous n'avons point fait mention dans nos le-

çons de Phyſique expérimentale, & qu'on ne trouve point communément traités dans les ouvrages de ce genre. Tels ſont par exemple, dans le premier volume, l'article deſtiné aux appareils néceſſaires, pour connoître les véritables principes des mixtes. Nous y donnons une idée ſuffiſamment étendue de l'analyſe chymique, des différentes eſpeces d'analyſes, des moyens de les faire, des défauts qu'on ne peut s'empêcher de leur reprocher, malgré les ſoins qu'on a pris pour les perfectionner.

On trouvera, dans le ſecond volume, un article ſuffiſamment étendu ſur l'air fixe ou ſur l'air principe. Cette matiere encore neuve en Phyſique, exigeoit une expoſition qui pût mettre le Phyſicien au fait de la queſtion, & ſur la voie des recherches qu'il doit faire à ce ſujet. Nous avons traité de la même maniere l'article qui concerne l'air, relativement à la reſpiration des animaux. Il n'eſt pas moins important que le précédent. Nous

nous sommes comportés de la même façon, dans la Section du feu, par rapport au Phlogistique. Abandonné jusqu'ici aux recherches & aux spéculations des Chymistes, le Physicien ne doit point négliger une connoissance aussi importante & qui peut répandre le plus beau jour sur la théorie du feu.

Quant au principal objet de cet Ouvrage, les machines, nous les avons décrites avec soin. Nous les avons présentées avec toute la perfection à laquelle elles ont été conduites par nos prédécesseurs, par nos soins particuliers, & par l'industrie de plusieurs excellens Artistes que nous employons habituellement. Abstraction faite du luxe qu'on peut mettre dans les matériaux & dans les ornemens dont elles sont susceptibles, on ne trouvera point de machines plus belles, plus exactes & plus commodes à manier que celles que nous décrivons.

On verra avec plaisir les changemens que nous avons faits à plusieurs appareils, & par-

ticuliérement à ceux qui appartiennent à l'électricité : ſpécialement occupés, depuis quelques années, de cet objet, nous n'avons rien épargné pour faire produire les plus grands effets à nos machines, ſans augmenter prodigieuſement leur volume. Le ſuccès a répondu complétement à notre attente.

Nous nous ſommes également attachés à ſimplifier & à perfectionner les dépendances de ces appareils. Nous les avons ſuffiſamment multipliées, pour qu'on ſoit à portée de faire, avec les plus légers changemèns dans leurs combinaiſons, toutes les expériences imaginées juſqu'à ce jour. Si de nouvelles découvertes nous obligent d'en augmenter le nombre, nous les conſtruirons de maniere qu'elles puiſſent s'aſſortir autant qu'il ſera poſſible, & ſe combiner avec les machines que nous employons actuellement.

Preſque toutes ces machines différentes de celles que nous avons décrites dans notre Traité de l'électricité, nous ont paru beau-

coup plus commodes, & c'eſt la raiſon pour laquelle nous n'avons pas voulu nous aſtreindre à l'uſage de ces dernieres. Notre Traité, malgré cela, n'en ſera pas moins utile à ceux qui voudront parcourir l'hiſtoire de toutes les découvertes faites en matiere d'électricité, juſqu'au tems où nous l'avons publié.

Notre ouvrage aura encore cet avantage, que ceux qui nous confierons le ſoin de leur procurer des appareils en tout genre, pourront nous indiquer plus commodément & d'une maniere plus préciſe ceux qu'ils déſireront. Ils connoîtront d'avance la forme & la conſtruction de ceux que nous aurons à leur communiquer. Ils apprendront la maniere de les manier, & les effets qu'ils doivent en attendre. Les changemens dont ils pourront être ſuſceptibles, ne feront point eſſentiels, & n'exigeront point de ces détails particuliers dans leſquels nous étions obligés d'entrer avant la publication de cet Ouvrage.

Ces détails d'ailleurs ſont toujours difficiles à faire, par le peu d'étendue qu'on peut leur donner dans une lettre ; ils ſont ſouvent fatigans pour ceux qui les liſent, lorſqu'ils ne ſont point accompagnés d'une figure, dont toutes les parties numérotées peuvent s'étudier ſéparément.

Si cet Ouvrage, neuf en ſon genre, répond à nos deſirs & au zele qui nous l'a fait entreprendre, nous nous croirons bien dédommagés du travail auquel il nous a aſſujetti. Il ne nous reſtera plus rien à deſirer, pour remplir l'objet que nous nous ſommes propoſés, que de réimprimer nos Leçons de Phyſique expérimentale ; d'y faire les changemens, les corrections & les additions conſidérables dont elles ſont ſuſceptibles ; & nous eſpérons que cet Ouvrage ſera en état de paroître dans le cours de l'année prochaine.

DESCRIPTION



DESCRIPTION
ET USAGE
D'UN CABINET
DE
PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

L'OBSERVATION & l'expérience ſont la baſe de nos connoiſſances phyſiques. L'une & l'autre exigent d'excellents inſtrumens propres à repréſenter les phénomenes de la nature, & ſouvent à démontrer la certitude des cauſes qu'on leur aſſigne. La conſtruction de ces inſtrumens, la maniere d'en faire uſage, les concluſions qui ſuivent de leurs effets, ſont donc de la plus grande importance en phyſique. C'eſt à ces trois objets que nous conſacrons ſpécialement cet Ouvrage. Pour

Objet de cet Ouvrage.

le rendre néanmoins d'un service plus étendu, nous exposerons avec soin l'état des questions que le Physicien doit traiter : nous indiquerons, lorsqu'elles en seront susceptibles, les difficultés qu'elles présentent, les recherches qu'on aura faites pour les résoudre, ce qui reste encore à faire, & sur-tout les Ouvrages qui nous paroîtront les plus propres à satisfaire la curiosité du Physicien sur chacun de ces objets.

SECTION PREMIERE.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les Principes des Corps, & ce qui résulte de la combinaison de ces Principes.

Division de cette Sect.

NOUS diviserons cette Section en deux principaux Articles. Le premier traitera des Appareils nécessaires pour analyser les mixtes. Le second de ceux dont on peut faire usage pour démontrer la cause de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.



ARTICLE PREMIER.

Des Appareils néceſſaires pour analyſer les Mixtes.

LES principes des corps ou les élémens de la matiere, ſont ſans contredit le premier objet des recherches du Phyſicien. Il doit donc ſavoir décompoſer les corps, ſéparer leurs principes; il doit conſidérer les combinaiſons de ces principes, étudier les loix de ces combinaiſons, & ſe rendre raiſon des variétés qu'il obſerve dans la compoſition des mixtes.

S'il ne doit point ignorer cette multitude d'opinions ridicules qui ſe ſuccéderent & qui ſe détruiſirent ſucceſſivement dans l'Ecole, tant que livrés à l'eſprit de ſyſtême & au feu de leur imagination, les Phyſiciens ſe plûrent à engendrer des principes métaphyſiques, il ne doit conſulter ici que l'expérience, & profitant des ſecours que la Chymie peut lui fournir, il ne doit admettre pour véritables principes que ces ſubſtances ſimples ou homogenes qui réſultent de la derniere décompoſition des mixtes, & qui demeu-

rent conftamment les mêmes & inaltérables, malgré l'activité des agents qu'on peut employer pour les décompofer.

L'analyfe qu'on regarde, à jufte titre, comme la premiere & l'une des plus importantes opérations de la Chymie, mérite donc également la premiere place parmi les plus importantes opérations de la Phyfique expérimentale. En quoi confifte l'analyfe? Combien en diftingue-t-on d'efpeces? Comment procéde-t-on dans ces différens cas? Nous croyons devoir en donner une légere idée pour faciliter l'intelligence des appareils que nous nous propofons de décrire, & pour en faire connoître plus particuliérement l'ufage.

De l'analyfe en général.

L'analyfe eft une opération par laquelle on décompofe les mixtes. C'eft par fon moyen qu'on en fépare fucceffivement les principes fuivant l'ordre de leurs combinaifons. On remarque, en effet, que les principes qui fe féparent les premiers ne méritent point, à proprement parler, cette dénomination; que ce font des fubftances véritablement compofées qui doivent être analyfées elles-mêmes plus ou moins de fois, avant qu'on puiffe atteindre à la féparation

de ces substances simples & homogenes, que nous regardons actuellement comme les premiers principes des mixtes. De-là cette diversité de principes de différents ordres qu'on admet en Chymie, pour rendre plus méthodiquement & plus facilement en même temps raison de la composition & de la décomposition des mixtes. On trouvera cette matiere traitée d'une maniere lumineuse dans l'excellent Dictionnaire de Chymie de M. *Macquer*.

Tous les corps ne sont point susceptibles d'être analysés de la même maniere. De-là ces différens moyens que la Chymie emploie pour la décomposition des mixtes. Quelque différens qu'ils paroissent, on peut néanmoins les réduire à deux généraux, à *l'analyse par le feu* & à *l'analyse par les menstrues*. Deux especes d'analyse.

On emploie l'action du feu lorsque le mixte sur lequel on opére, contient des principes plus volatils les uns que les autres, & qui peuvent tous céder à l'activité de cet agent. Tout l'art consiste alors à modérer le feu de maniere qu'on fasse subir à ce mixte différens degrés de chaleur qui aillent en augmentant, depuis celui qui paroît suffisant pour exalter les principes les plus volatils, Analyse par le feu.

jusqu'à celui qui est nécessaire pour enlever ceux qui sont les plus fixes. Cette opération se nomme en général, *distillation.*

De la distillation.

On la distingue communément en deux especes, eu égard à la variété des produits qu'elle fournit; ils se présentent, en effet, sous la forme d'une liqueur, ou sous une forme seche : dans le premier cas l'opération conserve le nom de *distillation*: dans le second on l'appelle *sublimation*; nous n'aurons égard qu'à la premiere, c'est la seule dont la connoissance soit nécessaire au Physicien.

Trois especes de distillations.

La distillation prend elle-même différens noms, suivant la forme & la disposition des vaisseaux dans lesquels elle s'opére ; de-là la *distillation montante* ou *per ascensum*, la *distillation latérale* ou *per latus*, la *distillation descendante* ou *per descensum* ; trois opérations que le Physicien doit connoître, décrire avec soin, & faire observer en même temps qu'elles ne différent point essentiellement entre elles.

Appareils.

Pour ces trois especes de distillations.

Alambic ou appareil d'une distil-

L'instrument dont on se sert pour une distillation montante, se nomme *alambic,*

On le fait de pluſieurs matieres, de métal, de verre, ou de grès. Fait de métal, ſon ſervice eſt bien plus étendu & plus propre aux grandes opérations : il eſt compoſé d'un grand vaiſſeau de cuivre étamé en-dedans, qu'on appelle la *cucurbite* ; A, (Pl. I, fig. 1.) C'eſt dans ce vaiſſeau qu'on renferme ordinairement les ſubſtances qu'on veut analyſer : on remarque vers ſa partie ſupérieure, deux anſes *b b*, qui le rendent plus maniable ; le petit canal *a*, qu'on a ſoin de boucher exactement avec un bouchon de liege, ſert, lorſque le cas le requiert, à introduire de l'eau dans ce vaiſſeau à proportion qu'elle s'évapore pendant l'opération.

Planche I.

lation montante.

Fig. 1.

On recouvre la cucurbite d'un autre vaiſſeau B, (Pl. I, fig. 2.), qu'on nomme le *chapiteau*, c'eſt une eſpece de cône dont la baſe eſt rétrecie pour s'ajuſter à la cucurbite. Le rétreciſſement de cette baſe forme une gouttiere *aa*, qui s'ouvre dans un canal *a b*, qu'on appelle le *bec du chapiteau* ; on adapte à ce canal un vaiſſeau E, connu en général, ſous le nom de *récipient* ; il eſt deſtiné à recevoir les produits de la diſtillation : on le nomme *matras*, lorſque ſon col eſt très-long ; on l'appelle *balon*, lorſqu'il eſt très-

Fig. 2.

Planche I. gros & que ſon col eſt très - court.

Le cône B, eſt entouré d'un grand ſceau de cuivre C, appellé le *refrigerant* par rapport à ſon uſage ; on a ſoin de le tenir plein d'eau froide, afin de réfroidir & de condenſer les vapeurs qui s'élevent ſous le chapiteau : lorſque cette eau s'eſt échauffée à un certain point, on l'évacue par le robinet D, & on la renouvelle.

Le chapiteau & la cucurbite doivent s'emboîter de façon que les vapeurs ne puiſſent paſſer par leur jonction. Dans le cas où celle-ci ne feroit point aſſez exacte, on la ferme avec un lut dont nous parlerons plus bas.

Il eſt des cas où l'on fait uſage d'une autre Fig. 3. cucurbite A, (Pl. I, fig. 3.); celle-ci eſt aſſez communément d'étain ; on la fait aſſez ſouvent cependant, de cuivre étamé en-dedans & en-dehors, & on la nomme *bain-marie* ; elle ſe place dans la précédente A, Fig 1. (fig. 1.), & on la recouvre du même cha-Fig. 2. piteau B, (fig. 2.) ; ces trois vaiſſeaux doivent être faits de maniere qu'ils puiſſent s'em-Fig. 4. boîter les uns dans les autres. La figure (4) repréſente tout l'appareil établi ſur ſon fourneau F ; celui-ci eſt compoſé de deux cavités ſéparées par une grille O : on y remarque

deux ouvertures G & H, la premiere faite pour introduire des matieres combustibles dans la cavité supérieure, qu'on appelle le *foyer*, la seconde H, pénétre dans la cavité inférieure qu'on nomme le *cendrier* : celle-ci est destinée à livrer passage à l'air qui entretient l'action du feu sur les matieres combustibles, & à recevoir les cendres. On y remarque outre cela, un canal latéral I, qui s'ouvre au-dehors & qui pénétre dans le foyer ; on l'appelle la *cheminée* : elle donne issue à la fumée. Planche I.

Quelqu'étendu que soit le service de cet instrument, il ne peut suffir à tous les besoins du Physicien. Il est quantité de substances corrosives qui attaqueroient le métal & corroderoient la cucurbite. Il doit donc se pourvoir de quelques alambics de verre A, (Pl. I, fig. 5.). Il en est de cette derniere espece, dont le chapiteau B, (fig. 6.) tient à la cucurbite : on les nomme, à cause de cela, *alambic d'une piece* ; on y introduit les matieres par le goulot C du chapiteau, & on ferme cette ouverture avec un bouchon de cristal D, usé à l'émeril. Fig. 5. Fig. 6.

Cornue ou appareil de la distillation descendante.

On appelle *cornue* ou *retorte*, une espece de bouteille ovale A B C, (Pl. I, fig. 7.), Fig. 7.

Planche I. dont le col B C, fait avec le ventre du vaisseau, un angle plus ou moins aigu. On donne le nom de *distillation latérale* ou *per latus*, à celle qui se pratique avec ces sortes d'instrumens. On les fait communément de verre, plus fréquemment de grès, mais rarement de métal.

Appareil de la distillation descendante. Quoiqu'on fasse très-peu d'usage de la *distillation descendante* ou *per descensum*, nous dirons cependant un mot de son appareil, il est on ne peut plus simple.

On prend un verre à boire, ou tout autre vaisseau dont la forme approche de celle d'un verre ; on le recouvre d'une toile assujettie avec un fil, de façon qu'elle soit un peu lâche ; on place sur cette toile la substance qu'on veut analyser : on l'arrose d'un peu d'eau pour la soustraire à la trop grande activité du feu : on recouvre le tout d'une plaque de cuivre faite comme le bassin d'une balance : on met dans ce bassin des cendres chaudes & quelques charbons allumés ; la chaleur volatilise les parties du mixte, les vapeurs tendant à s'éloigner du foyer de cette chaleur, se tamisent à travers le linge, se rassemblent par gouttes sur les parois du vaisseau & se précipitent dans l'eau qui se trouve au fond.

Planche I.

Usage

Des précédens appareils.

On conçoit facilement par la seule description des appareils précédens, que la distillation est essentiellement la même dans tous les cas : que les vapeurs exaltées par le feu font effort pour s'éloigner du foyer de la chaleur ; qu'elles s'élevent sous le chapiteau de l'alambic, dans la distillation montante ; qu'elles s'échappent par le bec de la cornue dans la distillation latérale ; qu'elles se précipitent enfin, dans le fond du verre dans la distillation descendante. Nous laissons au Physicien le soin de développer cette théorie, & d'expliquer le méchanisme de l'exaltation de ces vapeurs.

Observations sur cette opération.

En général, l'exactitude de la distillation dépend de la promptitude avec laquelle les vapeurs exaltées par la chaleur, se condensent & se rassemblent dans le récipient. Lorsqu'elles circulent pendant quelque temps dans des vaisseaux chauds, elles y prennent une odeur désagréable que les Chymistes nomment *empyreume*.

Planche I.

Défaut des alambics.

D'où il suit que l'alambic de verre est le moins parfait de tous les instrumens de cette espece, ou celui dont les produits sont les plus défectueux : les vapeurs qui s'élevent sous son chapiteau n'y sont point assez promptement refroidies, la liqueur qui coule par le bec de cet instrument est encore chaude lorsqu'elle arrive dans le récipient, & elle y porte une odeur empyreumatique.

Moyens de remédier à ce défaut.

Le refrigerant adapté au chapiteau d'un alambic de cuivre remédie en partie à ce défaut, si on a soin de renouveller souvent l'eau froide ; mais les vapeurs ne sont pas toujours assez promptement refroidies dans cet instrument, & elles conservent encore un peu de cette odeur désagréable qu'on se propose de détruire.

Serpentin.

On remédie parfaitement à cet inconvénient en adaptant un serpentin à ces sortes d'alambics. Ce serpentin est un canal d'étain L K, (Pl. I, fig. 4.), tourné en forme de spiral & renfermé dans un grand sceau de cuivre K, qu'on remplit d'eau froide, nous avons fait ce vaisseau transparent pour qu'on saisît plus aisément la forme du serpentin. On évacue l'eau par le robinet S, lorsqu'elle s'échauffe, & on la renouvelle. Ce canal

Fig. 4.

ſpiral ſoudé par ſes extrêmités au haut & au bas du ſceau K, s'adapte d'une part au bec du chapiteau, & par ſon autre extrêmité au récipient M. Planche I.

Luts. Quoique les jointures de l'alambic de cuivre ſoient faites avec tout le ſoin poſſible, il faut néanmoins le fermer quelquefois avec une plus grande exactitude. On ſe ſert pour cela d'un lut : on les lutte en général, toutes les fois que les ſubſtances ſur leſquelles on opére ſont extrêmement volatiles, & qu'on a intérêt de ne rien perdre de leurs produits. On lutte toujours celles des alambics de verre, lorſque le chapiteau ne tient point à la cucurbite.

On ſe contente pour l'ordinaire de coler ſur ces jointures une bande de papier couverte d'amidon ou de cole de farine, mais lorſque le lut doit être plus exact, on ſe ſert de l'efflorefcence de la chaux qu'on détrempe dans du blanc d'œuf; on employe aſſez ſouvent un morceau de parchemin ou de veſſie mouillée, qu'on lie fortement ſur les jointures. Les Chymiſtes ſe ſervent encore de pluſieurs autres eſpeces de luts dont le détail nous paroît inutile.

Différens degrés de feu. On expoſe à différens degrés de feu les

Planche I. ſubſtances qu'on veut analyſer ; de-là la diſtillation à feu nud, au bain de ſable, au bain-marie & au feu de reverbere.

Feu nud. On diſtille *à feu nud*, lorſque la cucurbite ou la cornue ſont poſées immédiatement ſur les charbons du fourneau.

Bain de ſable. La diſtillation ſe fait au *bain de ſable*, lorſque le vaiſſeau diſtillatoire eſt enterré dans un monceau de ſable renfermé dans Fig. 8. une eſpece de poële A, (Pl. I, fig. 8.), placée ſur le fourneau. Ce degré de feu moins violent que le précédent, devient d'autant plus actif que la cucurbite ou la cornue ſont plus profondément enfoncées dans le ſable.

Bain-marie. On diſtille au *bain-marie* lorſque la cucurbite eſt placée dans une ſeconde cucurbite remplie d'eau, & que cette derniere eſt établie ſur le fourneau. Dans ce cas on ſe ſert Fig. 1 & 3. des deux cucurbites A & A, (Pl. I, fig. 1 & 3.); on modére alors à diſcrétion le degré de chaleur qu'on fait éprouver à la ſubſtance ſur laquelle on opére ; mais lorſque l'opération exige le plus grand degré de feu, on diſtile à *feu de reverbere.*

On ſe ſert dans ce cas, d'une cornue qu'on poſe immédiatement ſur les charbons du

fourneau A B, (Pl. II, fig. 1.), on la recouvre d'un dôme C : celui-ci porte latéralement une échancrure en *a*, qui répond à une semblable *b*, qu'on remarque vers le haut & sur la circonférence du fourneau; ces deux échancrures réunies forment un trou qui livre passage au col de la cornue; on donne à ce fourneau le nom de *fourneau de reverbere*, parce que le dôme dont il est recouvert réfléchit la chaleur des charbons sur le ventre de la cornue.

Planche II.

Feu de reverbere.

Fig. 1.

Il est des cas où il est important d'éloigner le récipient du fourneau : on se sert pour cela de plusieurs vaisseaux A, B, (Pl. II, fig. 2.), qu'on appelle des *allonges*, ils s'unissent les uns aux autres & ils servent d'interméde entre le col de la cornue & celui du récipient.

Allonges.

Fig. 2.

Il est bon d'observer que lorsque la cornue doit être exposée à l'action d'un feu très-violent, qu'elle soit de verre ou de grès, on la garantit de la trop grande activité du feu en l'enduisant extérieurement de terre à four détrempée dans de l'eau; il faut avoir soin ensuite, de laisser sécher cet enduit au soleil ou à une certaine distance d'un feu très-modéré : il est bon de prendre les mêmes

Maniere de garantir les vaisseaux de verre de la trop grande activité du feu.

Planche II.

précautions pour les cucurbites des alambics, lorſqu'elles ſont de verre & qu'elles doivent être fortement chauffées par l'action immédiate du feu, ou même dans un bain de ſable.

Défauts de l'analyſe par le feu.

Tous les corps ne ſont point également ſuſceptibles de s'analyſer exactement par le feu; c'eſt ce qu'on remarque particuliérement lorſqu'on analyſe des corps très-composés & dont les principes ont une forte adhérence entre eux. Dans ce cas, le degré de chaleur ſuffiſant pour attaquer, par exemple, le principe le plus volatil, enléve encore avec celui-ci, une portion d'un autre principe moins volatil qui n'eût pu céder à ce degré de chaleur ſans l'adhérence qui l'unit au premier & qui le fait participer juſqu'à un certain point à ſon excès de volatilité.

On obſerve encore un autre défaut dans cette eſpece d'analyſe : elle n'eſt pas toujours propre à fournir les principes prochains des mixtes; il eſt pluſieurs de ces principes, comme on l'obſerve ſpécialement dans certains végétaux, qui ſont eux-mêmes très-composés, & dont la texture délicate s'altére par le feu au point de n'être plus reconnoiſſables.

Il

Il est d'autres cas où l'action du feu devient inutile : c'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'on veut analyser deux métaux mélangés qui résistent également à l'action de cet agent. Planche II.

Analyse par les menstrues.

Ce sont ces inconvénients & quelques autres encore que nous passons sous silence, mais que le Physicien doit connoître, qui ont fait imaginer *l'analyse par les menstrues.*

On donne le nom de *menstrue* à tout dissolvant quelconque ; l'eau, l'esprit-de-vin, l'éther, les acides, &c. sont autant de menstrues particuliers, relativement aux substances qu'ils peuvent attaquer & dissoudre. Tout l'art consiste à choisir & à employer celui de ces menstrues qui est propre à agir sur le mixte qu'on veut traiter, ou à séparer de ce mixte le principe qu'on veut obtenir.

L'eau est le véritable menstrue des parties salines & gommeuses d'un mixte, l'esprit-de-vin s'empare des parties résineuses, l'éther dissoud les parties huileuses, les acides attaquent spécialement les terres calcaires, les parties métalliques, &c.

Planche II.

APPAREILS

Nécessaires pour l'analyse par les menstrues.

Appareils nécessaires à ces sortes d'analyses.

CES appareils sont en très-petit nombre : quelques capsules de grès ou de verre, quelques bains de sable, quelques vaisseaux de verre ou de cristal, avec des couvercles de même matiere ; de l'eau distilée en assez grande quantité, de l'esprit-de-vin, de l'éther, des flacons remplis d'acide vitriolique, d'acide marin, d'acide nitreux, de vinaigre, &c. suffisent à toutes les opérations de ce genre, & doivent se trouver dans le Cabinet d'un Physicien.

USAGE

De ces appareils.

Le service de ces instrumens n'exige point une instruction particuliere : on connoîtra facilement leur usage par le simple exposé d'une opération de cette espece.

Analyse d'une substance végétale.

Supposons qu'on se propose d'analyser une substance végétale qui contienne des parties gommeuses, résineuses & huileuses,

& que ces dernieres ſoient indiſſolubles dans l'eſprit-de-vin. Planche II.

On mettra cette ſubſtance dans une capſule de verre ou de grés, & on l'y laiſſera macérer pendant quelque temps dans une quantité ſuffiſante d'eau diſtillée ; l'action de ce menſtrue qu'on pourra encore augmenter à l'aide d'une douce chaleur, ſe portera ſur les parties gommeuſes qu'il diſſoudra ; celles-ci ſe trouveront donc alors répandues & diſſéminées entre les molécules de l'eau.

Il convient ici que le Phyſicien explique de quelle maniere l'eau attaque ces ſortes de parties, les détache du mixte auquel elles appartiennent, & par quel méchaniſme elles ſe ſoutiennent & elles flottent dans la maſſe d'eau qui les tient en diſſolution.

Cette premiere opération finie, on rapprochera ces parties & on les obtiendra ſéparément, en faiſant évaporer le menſtrue avec lequel elles ſont combinées : on retirera donc de la capſule le réſidu ou la maſſe qui aura réſiſté à l'action de l'eau ; on poſera enſuite cette capſule ſur un bain de ſable & on l'y laiſſera ſuffiſamment de temps pour que les parties aqueuſes ſoient totalement évaporées ; les parties gommeuſes du mixte

Planche II.

se trouveront alors suffisamment rapprochées.

On mettra le résidu dans une autre capsule surmontée de son couvercle, on versera par-dessus suffisante quantité de bon esprit-de-vin; cette liqueur attaquera & séparera les parties résineuses qu'on rassemblera encore par le même procédé que nous venons d'indiquer.

On transportera le nouveau résidu dans une semblable capsule & on versera par-dessus de l'éther, ayant soin de fermer exactement le vaisseau; cette derniere liqueur s'emparera des parties huileuses, & comme elle est extrêmement volatile, il ne sera pas nécessaire d'avoir recours à l'action du feu pour la faire évaporer.

On obtiendra donc successivement les parties gommeuses, résineuses & huileuses du mixte qu'on aura soumis à ces opérations.

Même procédé pour analyser les métaux.

On se sert souvent du même procédé pour analyser les métaux parfaits & les débarrasser des parties hétérogenes auxquelles ils sont unis, mais on se sert pour cet effet d'un menstrue acide. Il est cependant important d'observer que cette opération ne peut se faire exactement que dans le cas où l'acide qu'on

emploie n'agit pas également ſur les différentes parties qui conſtituent le mixte. Planche II.

Suppoſons, par exemple, qu'une maſſe donnée ſoit compoſée d'un mélange d'or & d'argent. C'eſt un fait reconnu en Chymie, que l'acide nitreux qui diſſout très-bien l'argent, n'agit point ſur l'or, & que l'eau régale qui eſt le vrai diſſolvant de l'or, n'attaque point l'argent; phénomene ſingulier qui a occupé pendant longtemps les recherches des plus célébres Chymiſtes, & que le Phyſicien doit expliquer.

Dans ce cas on emploira indifféremment l'acide nitreux ou l'eau régale, ſuivant qu'on voudra diſſoudre l'or ou l'argent; on mettra donc le mixte dans une capſule, & ſi on verſe par-deſſus de l'acide nitreux, cet acide s'emparera de l'argent, le diſſoudra, & l'or reſtera intact au fond du vaiſſeau.

Obſervation ſur les deux eſpeces d'analyſes précédentes.

Il eſt bon d'obſerver ici 1°, que les deux eſpeces d'analyſes qui ſont l'objet de cet article, ont ſouvent beſoin d'être combinées entre elles, pour arriver à une décompoſition plus parfaite du mixte ſur lequel on opére. 2°. Que les produits que l'un & l'autre fourniſſent, ſont ſouvent eux-mêmes de véritables compoſés qu'il faut analyſer ſépa-

Planche II.

rément plus ou moins de fois, avant qu'on puiſſe atteindre aux premiers principes de ces mixtes. Un peu d'habitude & de travail mettront le Phyſicien à portée de ſe ſatisfaire à cet égard, & il s'aſſurera qu'il n'exiſte dans la nature que quatre ſubſtances primordiales qui méritent juſqu'à préſent & à juſte titre, le nom de principes. Ces ſubſtances ſont la *terre*, *l'eau*, *l'air* & *le feu*, qu'on déſigne plus communément en Chymie, ſous le nom de *phlogiſtique*. A l'exception de quelques corps pris dans le régne minéral, tous les autres ſe réſolvent en ces quatre ſubſtances, que nous regardons comme les premiers élémens des mixtes, parce qu'elles ont conſtamment réſiſté à toute décompoſition, & qu'elles ſont demeurées inaltérables malgré toute l'activité des agens qu'on a employés pour les décompoſer.

On ne découvre que quatre principes primitifs par la derniere analyſe des mixtes.

Nous les ferons plus particuliérement connoître & nous en développerons les propriétés lorſque nous traiterons de l'air, du feu, de l'eau & de la terre.



Planche II.

Article Second.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer la cauſe de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

De la combinaiſon des principes.

De la combinaiſon des principes de différens ordres que le Phyſicien doit diſtinguer dans la compoſition des mixtes, naiſſent les parties intégrantes de ces mixtes; celles-ci diverſement combinées entre elles, forment des maſſes de différentes eſpeces; les unes dures, d'autres molles, d'autres fluides ou liquides. La cauſe de ces différences que le Phyſicien doit caractériſer par des définitions exactes, a fait naître une multitude d'hypothéſes, parmi leſquelles nous ne diſtinguerons ici que les deux qui partagent encore les ſentimens de l'Ecole.

De la cauſe de la cohéſion.

Opinion des Carthéſiens.

Les Carthéſiens font dépendre ces différens états, ou la variété qu'on remarque dans la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes, du repos reſpectif de ces parties & de la maniere ſelon laquelle elles ſont ſoumiſes à la preſſion d'un fluide ambiant.

Opinion des Newtoniens.

Les Newtoniens l'attribuent à l'attraction

Planche II. de cohéſion ; ce ſont deux hypothéſes qui méritent d'être développées avec ſoin. Celle de *Deſcartes* eſt trop univerſellement connue pour indiquer particuliérement l'Ouvrage qu'on pourroit conſulter à cet égard. On trouvera de quoi ſatisfaire ſa curioſité ſur celle de *Newton*, dans un excellent Ouvrage de M. *Sigorne*, intitulé, *Inſtitutions Newtoniennes* : elle eſt encore très-complétement développée dans le Cours de Phyſique de *Muſſènbroek* & dans quantité d'autres Ouvrages modernes. Nous nous bornerons à faire connoître les preuves expérimentales ſur leſquelles ces deux opinions ſont établies. Parmi la multitude d'expériences qu'on invoque de part & d'autre, nous ne nous arrêterons qu'aux principales, à celles qui paroiſſent favoriſer davantage l'opinion pour laquelle elles militent.



Planche II.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareils dont les effets paroiſſent favoriſer l'opinion des Carthéſiens ſur la cauſe de la cohéſion.

PREMIER APPAREIL.

Deux plans qui adhérent entre eux par la ſeule preſſion d'un fluide extérieur.

Fig. 3.

AU fond d'un vaiſſeau cilindrique de criſtal V, (Pl. II, fig. 3.), on maſtique un plan A B, de métal, de glace, ou de toute autre matiere compacte ſuſceptible d'être bien dreſſée : ce plan travaillé ſur un ſecond C D, doit tellement lui convenir, qu'apliqués l'un ſur l'autre ils ſe touchent ſenſiblement par tous les points de leurs ſurfaces : au plan C D, eſt adaptée une tige E F, qui lui ſert de manche.

USAGE

De cet Appareil.

CES deux plans poſés l'un ſur l'autre ne contractent aucune adhérence ſenſible tant qu'ils ſont plongés dans l'air ſans le ſecours d'aucun autre fluide étranger qui les preſſe plus fortement à l'extérieur ; mais ſi on applique le doigt ſur le manche E F, pour con-

Planche II.

tenir le plan C D, sur le plan A B, & qu'on verse alors une quantité suffisante de mercure dans le vaisseau V, l'adhérence de ces plans deviendra très-sensible, & elle sera d'autant plus forte que la colonne de mercure sera plus haute. Voilà donc, disent les Carthésiens, une adhérence entre deux corps, occasionnée par la pression d'un fluide extérieur.

SECOND APPAREIL.

Les plans de Magdebourg.

Fig. 4.

FAITES dresser & travailler l'un sur l'autre, deux plans de glace A B, C D, (Pl. II, fig. 4.); ces plans doivent avoir deux pouces ou trente lignes de diametre & six lignes d'épaisseur : montez-les l'un & l'autre dans un cercle de cuivre traversé par une lame de même métal *ab*, pour y souder deux crochets E, F. Il faut qu'ils soient solidement retenus dans leur cercle & par du mastic & par un biseau qui permet à la surface travaillée d'excéder un peu le cercle; on les suspend lorsqu'on le juge à propos, dans un chassis fait de trois fils de laiton & monté sur une base triangulaire de même matiere.

USAGE

Planche II.

De cet Appareil.

AYANT légérement humecté avec une petite goutte d'eau les deux faces qui doivent se toucher, promenez-les l'une sur l'autre en appuyant modérément dessus pour exclure & la lame d'air qui pourroit être interceptée entre ces plans, & toute portion surabondante d'humidité ; ils adhéreront tellement alors par la pression de l'air extérieur, qu'on ne pourra les séparer qu'avec la plus grande difficulté, en les tirant perpendiculairement à leurs surfaces ; nouvelle preuve, suivant les Carthésiens, que la pression d'un fluide extérieur peut suffir pour unir fortement entre eux, deux corps qui sont en contact & qui sont soumis à toute l'efficacité de cette pression. Mais cette adhérence dépend-elle précisément de cette pression ? C'est ce que le Physicien doit examiner, & il a besoin pour cet effet de la machine pneumatique.

Planche II.

TROISIEME APPAREIL.

Machine pneumatique.

LA Machine pneumatique eſt compoſée d'un corps de pompe, de ſon piſton, d'une platine, d'un canal de communication entre le corpsde pompe & les vaiſſeaux qu'on poſe ſur la platine, enfin d'un robinet.

Fig. 5.

Le corps de pompe A B, (Pl. II, fig. 5..), eſt un cilindre de cuivre creux, exactement calibré dans toute ſa longueur : dans ce cilindre monte & deſcend un piſton C, fait de pluſieurs tranches de liége appliquées les unes ſur les autres & recouvertes avec autant de cuirs gras interpoſés & reploiés ſur chaque liége. Nous avons été obligés de rendre la pompe tranſparente pour faire voir le piſton. Les tranches de liége dont il eſt compoſé ſont enfilées & retenues par une vis & un écrou, ſur une tige de fer C D, terminée en forme d'étrier, pour qu'on puiſſe faire deſcendre le piſton avec le pied. D E, eſt une ſeconde tige de fer ſoudée vers la partie inférieure de la premiere & terminée par une eſpece de poignée E F : elle ſert à faire remonter le piſton qu'on retire de bas en haut avec la main, tandis qu'on dirige cette opération avec le bout du pied, placé au-deſſous de l'étrier.

Le robinet de cette machine, que nous représentons séparément (fig. 8.), exige la plus scrupuleuse exactitude ; on lui donne communément trois pouces de longueur, & on l'applique le plus près qu'il est possible du corps de pompe. La clef *ab*, en est la principale piece, elle est retenue en place par un écrou qui se visse à son extrêmité *a*, & qui serre une plaque de cuivre mince garnie d'un cuir gras, contre le bord de la douille dans laquelle il roule. Planche II. Fig. 8.

Cette clef que nous représentons séparément (fig. 6.), est percée en deux sens différens ; 1°, d'un trou *ab*, perpendiculaire à son axe & qui sert à établir une communication entre le corps de pompe & le vaisseau ou le récipient G, (Pl. II, fig. 5.), qu'on applique sur la platine de la machine pneumatique. 2°. D'un canal oblique *cd*, (fig. 6.), qui regne dans l'epaisseur & sur la longueur de la clef. L'origine *c*, de ce canal étant tournée du côté du corps de pompe, il établit une communication entre la capacité de la pompe & l'air extérieur ; de sorte qu'en levant le piston on force la colonne d'air qui vient de s'introduire dans la pompe, à se porter au-dehors par ce canal ; si on tourne au Fig. 6. Fig. 5. Fig. 6.

Planche II. contraire, l'origine *c* du même canal, de façon qu'elle fe porte du côté de la platine, il s'établit alors une communication entre le récipient & l'air extérieur, & c'eft par cette voie qu'on reporte de nouvel air fous le récipient.

Fig. 8. L'ouverture extérieure *d*, (figure 8.) ; de ce canal eft continuellement bouchée par un foupape *c d* : ce n'eft autre chofe qu'une efpece de coq de cuivre garni d'un cuir gras & pouffé par un reffort *e*, contre l'orifice extérieur de la clef ; ce reffort retient cette foupape en fituation : l'effort que l'air fait pour s'échapper du corps de pompe, lorfqu'il eft pouffé par le pifton, fuffit pour forcer le reffort & foulever la foupape, mais lorfqu'on veut renouveller l'air du récipient ou y introduire une portion de la maffe d'air extérieur, il faut preffer avec le doigt la queue *c* de la foupape.

La platine H, eft féparée du robinet par un pilaftre *fg*, de cinq à fix pouces de hauteur : la partie *f* de ce pilaftre, furmonte la platine & excéde fon plan de fix lignes : elle eft tarrodée, pour qu'on puiffe viffer deffus quantité de pieces que nous décrirons ailleurs, dont la bafe feroit trop petite pour les pofer fimplement fur la platine : la lon-

gueur du pilaſtre *fg*, eſt percée d'un canal de deux lignes ou environ de diametre. Planche II.

Toute la machine eſt portée ſur un pied de bois triangulaire qui doit avoir vingt-quatre à vingt-ſix pouces de baſe ; les trois conſoles qui paroiſſent unir la platine à la pompe, ſervent plus à l'ornement qu'à la ſolidité de l'appareil.

On doit l'invention de cette machine à *Otto-deguerikue*, Bourguemeſtre de Magdebourg : elle fut enſuite perfectionnée par *Boyle* & par pluſieurs autres célébres Phyſiciens. Ceux qui ſeront curieux de connoître plus particuliérement l'hiſtoire de cette machine & des degrés de perfection par leſquels on l'a ſucceſſivement amenée à l'état où elle ſe trouve aujourd'hui, pourront conſulter les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences.*

La bonté de cette machine dépend de l'exactitude avec laquelle elle évacue l'air du récipient, & du temps qu'elle peut contenir le vuide ſous ce vaiſſeau. On juge de ces deux effets en plaçant ſous le récipient un petit baromêtre tronqué qu'on nomme communément la *jeauge* ou *l'éprouvette de la machine pneumatique.* On peut regarder

Planche II.

cette derniere comme très-exacte, lorfqu'elle fait le vuide au point de faire defcendre le mercure dans l'éprouvette à une ligne près du niveau, & lorfqu'elle le retient dans cet état pendant l'efpace de vingt-quatre heures : il faut néanmoins avoir foin d'évacuer le récipient une feconde fois, une demie heure ou environ, après la premiere opération, parce qu'il fe dégage de l'air qui s'échappe du cuir & qui fait remonter le mercure, fans qu'on puiffe s'en prendre à l'imperfection de la machine. On donne différentes formes à ces fortes d'éprouvettes, la fuivante eft fans contredit la meilleure.

Eprouvette de la machine pneumatique.

Fig. 7.

a b c, (Pl. II, fig. 7.), eft un tube de verre courbé, dont les deux branches, *a b*, *b c*, de trois pouces ou environ de longueur, font paralléles entre elles; la branche *a b*, eft foudée hermétiquement en *a*. On la remplit exactement de mercure qu'on purge d'air par ébullition; on applique ce tube fur une lame de cuivre A B, montée verticalement fur un pied creux de même métal P, pour pofer cet inftrument fur le centre de la machine pneumatique. Ce pied eft percé d'un trou *o*, celui-ci donne paffage à l'air du récipient & lui permet de fe porter dans le corps de pompe;

pompe; on tire une ligne du niveau du mercure, pris dans la branche A *b*, & on divise en deux parties égales, la colonne de mercure renfermée dans la branche *b a*, ce qui donne la division *d e*. On divise ensuite la planche en-dessus & en-dessous en parties égales, communément en lignes, mais on a soin de placer cette graduation dans un ordre contraire, comme on peut l'observer dans la figure. Planche II.

La premiere division comprise dans l'espace *a e*, indique par lignes la chûte de la colonne correspondante de mercure, & la seconde *f d*, marque son élévation progressive dans la seconde branche *b* A.

Plus la machine est exacte, plus la colonne de mercure qui s'éleve dans la branche *b* A, s'approche de la ligne *de* : mais on ne peut jamais l'amener à la hauteur de cette ligne, pour des raisons que nous indiquerons ailleurs.

USAGE

De la Machine Pneumatique.

Préparation des vaisseaux dans lesquels on se propose de faire le vuide.

L'USAGE de cette machine se connoît facilement d'après ce que nous avons dit de sa construction. Nous observerons ici qu'il faut avoir soin de bien dresser le bord des réci-

Planche II. piens, & en général, de tous les vaiſſeaux dans leſquels on ſe propoſe de faire le vuide. On ſe ſert pour cela d'une plaque de fer plane, ſur laquelle on répand du grès ou du ſable paſſé au tamis & modérément mouillé. On fait promener ces vaiſſeaux circulairement ſur le ſable, juſqu'à ce qu'il en ait uſé les bords & que ceux-ci paroiſſent porter également ſur un plan.

Néceſſité d'un cuir mouillé entre le récipient & la platine.

Quelque précaution qu'on ait apporté à dreſſer ces vaiſſeaux, quelque plane que ſoit la platine de la machine, l'air extérieur ſe feroit encore aiſément jour & paſſeroit librement ſous le récipient, ſi on n'avoit ſoin d'étendre ſur la platine un morceau de peau de mouton paſſée à l'huile. Il faut choiſir cette peau un peu épaiſſe & de même épaiſſeur dans ſon étendue; elle doit être mollette & bien imbibée d'eau chaque fois qu'on en fait uſage.

Maniere de conſerver le vuide.

Si on ſe propoſe de conſerver le vuide pendant quelques jours, il faut verſer un peu d'eau ſur la platine autour du récipient, deux fois au moins, dans l'eſpace de vingt-quatre heures, pour conſerver l'humidité du cuir. Dès qu'il ſe deſſéche il livre plus ou moins d'accès à l'air extérieur & le vuide en devient d'autant moins parfait.

Il est quantité de circonstances dans lesquelles l'humidité du cuir pourroit nuire au succès de l'expérience : dans ce cas, au lieu de poser le récipient sur un cuir mouillé, on le lutte à la platine avec de la cire molle, dont on fait un cordon autour de ce vaisseau. On se sert pour cela de cette espece de cire verte dont on fait usage dans les offices pour attacher les cristaux sur des surtouts. Cette méthode d'ailleurs est beaucoup plus exacte que la précédente, & pour faire le vuide & pour le conserver long-temps.

Planche II.

Autre maniere plus exacte.

Nous observerons encore qu'on fait le vuide plus promptement & plus exactement lorsqu'on a attention de ne tourner le robinet & de n'ouvrir la communication entre le récipient & le corps de pompe, que lorsque le piston commence à descendre, & mieux même lorsqu'il est déja descendu d'un pouce ou environ. Un peu d'habitude à manipuler rend cette pratique commode & familiere. Revenons à l'expérience des plans de Magdebourg.

QUATRIEME APPAREIL.

Plans de Magdebourg dans le vuide.

LES plans AB, CD, (Pl. II, fig. 8.), étant unis entr'eux, on suspend au plan in-

Fig. 8.

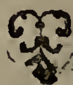
Planche II. férieur, un poids G, de huit à dix onces; on attache ensuite les deux plans au crochet du chassis H I, & on place le tout sur la platine de la machine pneumatique : on recouvre cet appareil d'un récipient R.

Usage

De cet appareil.

Les choses étant ainsi disposées, on fait le vuide avec toute l'exactitude possible, & on remarque que les deux plans restent adhérens; ce qui prouve manifestement que si la pression de l'air extérieur influe sur l'adhérence de ces plans, elle n'est cependant pas la seule cause de ce phénomene.

Nous observerons ici que les plans étant de même matiere qne le récipient, il est fort aisé de répondre à la difficulté que les Carthésiens pourroient opposer, en attribuant cet effet à la matiere subtile qui passe librement, suivant eux, par les pores du vaisseau.



Paragraphe Second.

Appareils qui favorisent l'opinion de Newton sur la cause de la cohésion.

Il convient ici, avant toutes choses, que le Physicien développe avec précision ce qu'on doit entendre par *attraction*, quelles Loix elle suit dans les phénomenes qu'elle nous fait observer ; & il doit sur-tout faire remarquer que l'attraction n'est, à proprement parler, qu'une loi générale de la nature, en vertu de laquelle toutes les parties de la matiere ont une tendance réciproque pour s'unir. Planche III.

Premier Appareil.

A & B, (Pl. III, fig. 1.), sont deux balles de mousquet auxquelles on adapte à vis deux crochets de fil de métal *a*, *b* ; on fait, à l'aide d'un instrument bien tranchant, un segment d'une ligne ou environ, de diametre, sur la surface de chacune de ces balles, & dans la partie opposée aux crochets *a*, *b*.

Adhérence très-marquée entre deux balles de plomb. Fig. 1.



Planche III.

USAGE

De cet Appareil.

Appliquez l'un ſur l'autre les deux ſegments, tachez d'en exclure tout fluide interpoſé, en les faiſant mouvoir un peu & en les preſſant aſſez pour que leurs ſurfaces puiſſent ſe toucher immédiatement en pluſieurs points. Ces deux balles adhéreront tellement entr'elles, que l'une étant ſuſpendue à un point fixe R, un poids de plus de vingt livres, attaché au crochet de celle de deſſous, ne pourra les ſéparer.

On démontre facilement ici, qu'il doit exiſter une cauſe d'adhérence bien différente & bien ſupérieure à la preſſion de tout fluide ambiant quelconque. Cette derniere force ne pourroit excéder la preſſion de deux colonnes de mercure de vingt-huit à vingt-neuf pouces de hauteur, & dont la baſe ſeroit égale à l'un des grands cercles de ces balles. Or, il s'en faut étonnamment que cette preſſion équivale à la force avec laquelle elles adhérent entr'elles.

Si l'attraction de cohéſion ſe manifeſte auſſi ſenſiblement entre deux ſolides, elle ſe décelle également entre les liquides.

SECOND APPAREIL.

Planche III.

La balance du D. Taylor. Fig. 2.

SUR le milieu d'une tablette A B, (Pl. III, fig. 2.), s'éleve un pilastre creux C D, de huit à dix pouces de hauteur, dans lequel monte & descend une tige de métal *ab* : celle-ci porte la châsse d'une balance E F, extrêmement mobile. Cette balance peut donc s'élever & s'abaisser à volonté ; on la fixe à la hauteur qu'on juge convenable par une vis de pression *c*. Le poids P, suspendu au-dessous du bras E, fait équilibre au bassin H, attaché à l'extrémité du bras opposé F. On suspend au-dessous du poids P, un morceau de bois de sapin G, d'un pouce quarré de surface & de cinq à six lignes d'épaisseur, ayant soin auparavant de le bien imbiber d'eau. On place au-dessous de ce morceau de bois, un vaisseau de cristal I, en partie rempli d'eau, & l'appareil est en état.

USAGE

De cet Appareil.

LA balance étant disposée de maniere que le morceau de bois G, soit à un pouce au-dessus ou environ, de la surface de l'eau comprise dans le vaisseau I ; on met ce mor-

Planche III.

ceau de bois en équilibre avec un contrepoids suffisant placé dans le bassin H, & on remarque qu'un grain & même moins d'un grain en sus, suffit pour rompre l'équilibre & faire trébucher ce bassin.

On fait ensuite descendre la tige *ab*, jusqu'à ce que la surface inférieure du morceau de bois G, soit tangente à la surface de l'eau du vaisseau I : on rétablit l'équilibre & on remarque alors qu'il faut ajouter quarante-huit, cinquante & quelquefois même cinquante-cinq grains, pour rompre cet équilibre & faire trébucher le bassin H, ce qui prouve l'attraction mutuelle qu'exercent entre elles les gouttes d'eau renfermées dans le bois qui en est imbibé, & les molécules correspondantes du même liquide contenu dans le vaisseau I.

On peut ajouter à ces preuves expérimentales nombre d'observations déduites de la figure qu'affectent les gouttes de liqueur sur des plans de densité différente. On peut encore observer la figure qu'elles prennent lorsqu'elles sont très-proches du point de contact; celle qu'elles présentent lorsqu'elles se réunissent & qu'elles se confondent. Ce sont autant d'observations importantes que le Phy-

ficien ne doit point négliger : il les trouvera parfaitement bien décrites dans les Elémens de Physique de *Sgravesande* , & dans les Institutions Newtoniennes de *l'Abbe Sigorne*. Planche III.

L'appareil suivant sert à démontrer cette même attraction entre des solides & des liquides.

Troisieme Appareil.

Appareil de Grimaldi pour démontrer l'attraction entre des solides & des liquides. Fig. 3.

Preparez le volet d'une fénêtre exposée aux rayons du soleil, de maniere que vous puissiez introduire par une ouverture A, (Pl. III, fig. 3.), pratiquée à ce volet, un rayon de lumiere B C ; ayez un guéridon D E, qui porte une lame triangulaire de cuivre D.

Usage

De cet Appareil.

Marquez la trace du rayon solaire lorsque rien ne s'oppose à sa direction naturelle, & vous lui verrez suivre une ligne droite B C, tirée de l'ouverture de la fenêtre, au point où il viendra aboutir dans la Chambre. Recommencez l'expérience, mais en plaçant le guéridon de maniere que la pointe de la lame D, se trouve à une très-petite distance au-

Planche III.

deſſous de ce rayon dans un des points de ſon trajet, & vous obſerverez qu'au lieu d'arriver directement en C, ce rayon ſera attiré par la pointe D & ſe courbera vers F, ce qui prouve l'attraction qu'un ſolide exerce contre un fluide.

Quatrieme Appareil.

Attraction manifeſtée par la converſion de deux liquides en ſolide.

Ayez deux flacons, l'un rempli d'huile de tartre & l'autre d'huile de chaux; ayez avec cela une petite capſule ou une ſoucoupe de criſtal.

Usage

De cet Appareil.

Versez dans la capſule une petite quantité de l'une des deux liqueurs; verſez par-deſſus une quantité ſemblable de l'autre liqueur; l'une & l'autre très-limpides & très-coulantes: agitez le mélange avec le doigt ou avec une ſpatule de bois; vous verrez alors les deux liqueurs ſe combiner & perdre inſenſiblement leur liquidité. En continuant de les agiter vous les convertirez en une maſſe, une eſpece de pâte ſuffiſamment ſolide pour prendre & retenir la forme que vous jugerez à propos de lui donner.

On doit expliquer ici la nature des deux liqueurs dont on fait uſage ; la précipitation que leur mélange occaſionne & la cauſe de cette précipitation, & rien ne confirme mieux, l'attraction de cohéſion, dont il eſt ici queſtion. Planche III.

SECTION SECONDE.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés générales des corps.

QU'ENTEND - on par propriétés ? Combien en diſtingue-t-on d'eſpeces ? Quelle différence met-on entre les propriétés & les modes des corps ? Ce ſont autant de queſtions que le Phyſicien doit traiter, avant d'entrer dans le détail des objets que nous nous propoſons de conſidérer dans cette Section.

Diviſion de cette Sect.

On range communément parmi les propriétés générales des corps, leur *étendue*, leur *figure*, leur *impénétrabilité*, leur *poroſité*, leur *diviſibilité*, leur *mobilité*. Chacune de ces propriétés nous fournira la matiere d'un Article particulier, à l'exception des deux premiers que nous croyons devoir réunir dans l'Article ſuivant.

Planche III.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils propres à démontrer ce qui concerne l'étendue & la figure des corps.

De l'étendue.

GRAND débat entre les Physiciens sur la nature de l'étendue, sur ce qui la constitue. Fait-elle l'essence des corps ? Autre question trop long-temps agitée dans l'Ecole, & faite uniquement pour exercer l'imagination de ceux qui aiment les disputes métaphysiques. Il est cependant important d'exposer succintement ces questions, & de fixer les idées qu'il convient de s'en former. On peut consulter à ce sujet le Cours de Physique du *D. Desaguilliers*, & les Institutions Newtoniennes de *la Marquise du Châtelet.*

De la figure.

Toute étendue est bornée & conséquemment figurée ; c'est un point sur lequel on est universellement d'accord : mais on ne l'est pas également sur l'espece particuliere de figure que chaque être matériel affecte. Les uns admettent des figures similaires, d'autres prétendent qu'elles sont toutes variées dans chaque individu de même espece. C'est sur quoi il convient de consulter l'expérience,

après avoir exposé les raisons sur lesquelles chaque opinion s'appuie. Planche III.

APPAREIL.

L'INSTRUMENT représenté (Pl. III, fig. 4), est un Microscope à trois verres dont nous parlerons plus amplement en traitant de l'Optique. Il est composé d'un corps A, qui renferme trois verres convexes : le premier est de quinze lignes de foyer & se nomme *l'oculaire*, parce qu'il est placé au haut du tube & du côté de l'œil de l'Observateur. Le second s'appelle l'*objectif*; il porte trente lignes de foyer. Il est placé à la somme de la distance de son foyer & de celui de l'oculaire. Le troisieme est un verre lenticulaire d'un très-court foyer ; on en fait ordinairement depuis une ligne jusqu'à six, & on les pose au-bas du tube à une distance plus ou moins éloignée de l'objectif, suivant la proportion qui paroît la plus convenable. L'effet de ces trois verres consiste à augmenter d'une maniere très-sensible, les dimensions des objets placés au foyer de la lentille. Microscope. Fig. 4.

Le corps de l'instrument est monté à vis dans une lame de cuivre B, solidement fixée sur la tige E F : celle-ci glisse le long de la

Planche III. tige C D. Elles sont l'une & l'autre renfermées en partie dans une petite caisse O P.

Au-dessus de cette caisse on remarque une platine G, fixée à angles droits à la tige C D: cette platine percée à son centre, reçoit une cage *d*, (fig. 5.), dans laquelle on glisse les porte-objets. Fig. 5.

Ces objets sont éclairés par un miroir de réflection M, qu'on dispose sous un angle de quarante-cinq degrés, & de maniere que la lumiere qu'il reçoit soit réfléchie sur l'objet qu'on veut observer, & que nous supposons transparent. On ajoute communément à cet instrument deux autres pieces T & V, (fig. 4.). Fig. 4. La premiere est une loupe destinée à réfléchir la lumiere sur les objets opaques qu'on veut examiner. La seconde est une pince faite pour saisir des insectes & autres objets de cette espece, & les contenir sous la lentille.

Lorsqu'on veut mettre ces objets à la distance convenable de la lentille, on fait monter ou descendre le corps A de l'instrument: celui-ci est susceptible de deux mouvemens: l'un prompt & l'autre lent. Le mouvement prompt s'exécute en desserrant la vis *e*, qui fixe la bride I, sur la longueur des tiges. Dans ce cas, on fait monter ou descendre libre-

ment la tige E F, & le mouvement de cette tige entraîne celui du microscope. Lorsqu'on commence à distinguer l'objet, on acheve de mettre l'instrument au point où il doit être en faisant usage de la vis de rappel K. Pour cela on serre la vis *e* : on fixe la bride I sur la tige C D & on fait tourner la vis K à droite ou à gauche. Elle communique un mouvement lent au corps de l'instrument, qui monte ou qui descend, jusqu'à ce que l'objet soit parfaitement distinct ou tranché. Planche III.

S'il est des corps sur la figure desquels il peut rester quelque incertitude, ce sont sans contredit les cristallisations des sels ; leur figure passe assez généralement pour similaire. Ce sont donc ceux-ci qu'il convient de soumettre à l'expérience.

USAGE

De cet Appareil.

FAITES dissoudre à froid ou à chaud, suivant la qualité du sel dont vous ferez usage ; faites, dis-je, dissoudre dans autant de vaisseaux particuliers, quelques grains de sel de différentes especes, & dans une quantité suffisante d'eau distillée. On prend par préfé- Observations sur les cristallisations des sels.

Planche III. rence de l'eau diſtillée, parce qu'elle doit être purgée, autant qu'il eſt poſſible, de tout corps étranger qui pourroit, par ſon mélange, altérer la forme des criſtalliſations.

Prennez avec le bec d'une plume quelques gouttes de ces diſſolutions; étendez-les ſur des lames de verre A B, (Pl. III, fig. 6.), bien nettes & bien tranſparentes, placez-les horiſontalement ſur une table & laiſſez-les dans cet état juſqu'à ce que l'eau qui ſert de véhicule aux parties ſalines, ait eu le temps de s'évaporer. Ces parties ſeront alors rapprochées & formeront ſur ces lames des criſtalliſations particulieres.

Fig. 6.

Placez-ſéparément chacune de ces lames dans la cage *d*, (fig. 5.) & de-là ſous la lentille du microſcope, mais choiſiſſez une lentille qui groſſiſſe peu. Je me ſers aſſez ordinairement pour cette expérience, d'une lentille de cinq lignes de foyer. Diſpoſez le miroir de réflection M (fig. 4), de maniere que l'objet ſoit parfaitement éclairé, ſans cependant l'être trop; ce qui occaſionneroit des iris. On évite cet inconvénient en diminuant l'ouverture par laquelle la lumiere parvient à l'objet. On la diminue à l'aide d'un modérateur qui ſe met au-deſſous & qui tient à la cage *d*: on

Fig. 5.

Fig. 4.

le

le voit en R, (fig. 5.) détaché du microscope & de la cage. Planche III. Fig. 5.

Les choses étant ainsi disposées & la lentille de l'instrument étant placée à son foyer, on observe que chaque espece de sel affecte une forme particuliere dans sa cristallisation ; & on remarque que quoique chaque espece de sel ait une cristallisation dont la forme paroît constante & similaire, au premier aspect, la lentille y fait néanmoins découvrir des différences très-sensibles.

Applications au méchanisme du goût.

En réfléchissant sur la diversité des formes que chaque cristallisation affecte, le Physicien peut expliquer facilement le méchanisme des sensations que les substances salines excitent. Il peut démontrer aisément que la diversité de ces sensations dépend particuliérement du mélange des substances sapides & qu'on peut varier leur action sur l'organe du goût, en émoussant plus ou moins leurs pointes ou leurs angles : (consultez à ce sujet nos *Leçons de Physique Expérimentale*) un mélange fait avec deux parties d'esprit-de-vin & une partie d'acide nitreux, démontre cette vérité d'une maniere satisfaisante.

Planche IV.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer l'impénétrabilité des Corps.

L'ÉTENDUE matérielle ou l'étendue des corps oppose toujours une résistance plus ou moins marquée, & cette résistance occasionne l'impénétrabilité : elle fait qu'un corps occupant un espace, en exclud tout autre corps qui voudroit s'en emparer. On démontre cette vérité par voie d'analogie, en faisant observer que l'air qui paroît le moins impénétrable, jouit cependant très-complétement de cette propriété.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à démontrer l'impénétrabilité de l'air.

Fig. 1.

AB, (Pl. IV, fig. 1.), est un vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur, & rempli d'eau jusqu'aux trois quarts de sa capacité. On pose sur la surface de cette eau une tranche de liege C, sur laquelle on attache un petit morceau de bougie allumée, de façon que le tout soit spécifiquement moins pesant que l'eau & conséquemment surnage. On allume la bougie & on recouvre l'appareil

d'un vaisseau cylindrique D E, fermé par le haut. Planche IV.

USAGE

De cet Appareil.

Si on plonge le vaisseau D E jusqu'au fond *a b* du grand vase A B, la tranche de liege C, descend à proportion de l'immersion, & la bougie reste allumée. L'eau ne s'éleve donc point dans le vaisseau D E, par la résistance qu'elle éprouve à son élévation, de la part de l'air renfermé dans la capacité de ce vaisseau. L'air est donc impénétrable.

Observation sur la compressibilité de l'air.

Il est cependant important de considérer ici la compressibilité de l'air, & de faire observer que, quoiqu'impénétrable, ce fluide céde néanmoins jusqu'à un certain point à l'effort de l'eau : qu'il se condense vers la voûte du vaisseau, & qu'il abandonne à l'eau qui tend à s'y élever, une portion de l'espace qu'il occupe. De-là le défaut de la cloche du plongeur qu'il convient de décrire ici, & qui mérite malgré cela d'être connue. On peut encore consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale.*

Planche IV.

SECOND APPAREIL.

Autre Appareil propre au même effet.

Fig. 2.

A, (Pl. IV, fig. 2.), eft un entonnoir de criftal exactement maftiqué au goulot C d'un flacon ou d'une bouteille B. La jonction de ces deux vaiffeaux eft tellement formée en C, que l'air ne peut s'infinuer par cet efpace.

USAGE

De cet Appareil.

VERSEZ brufquement de l'eau dans l'entonnoir, afin d'en engorger la queue. Cet orifice étant obftrué, l'air de la bouteille B ne pourra s'échapper, & il réfiftera efficacement à l'eau, malgré l'effort qu'elle fera pour s'introduire dans la capacité de ce dernier vaiffeau.

Pour peu qu'on réfléchiffe fur les deux expériences que nous venons de rapporter, on verra manifeftement que l'air eft impénétrable, & conféquemment que cette propriété convient à tous les corps. Il refte donc au Phyficien à rendre raifon de quantité de phénomenes qu'on obferve, & qu'on feroit tenté de regarder comme autant de pénétrations de la matiere. Ces phénomenes s'expliquent

Pénétrations apparentes.

aisément lorsqu'on considére la multitude Planche. IV.
prodigieuse de pores qui se trouvent répandus entre les parties intégrantes de tous les mixtes, & qui vont faire l'objet de l'Article suivant.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer la porosité des Corps.

TOUS les corps sont poreux ; la porosité est une propriété aussi universelle que la précédente, & dont on constate également l'existence par voie d'analogie, en examinant séparément différens corps pris indistinctement dans les trois regnes de la nature.

Il conviendroit ici qu'avant de procéder à la démonstration de la vérité qu'on se propose d'établir, le Physicien fît quelques observations sur la constitution des corps : qu'il fît connoître ce qu'on entend par leur volume, leur masse, leur densité absolue & respective, leur rareté, &c.

Planche IV.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances animales.

Fig. 3.

A, (Pl. IV, fig. 3.), eſt un baſſin de criſtal beaucoup plus large que profond. B C, eſt un morceau de peau quelconque, on prend cependant ordinairement un morceau de peau de mouton paſſée en huile ; elle eſt plus commune & très-propre à cet effet. Elle eſt reployée ſur elle-même pour contenir deux onces ou environ de mercure : on la lie avec une ficelle & on en forme une eſpece de nouet.

USAGE

De cet appareil.

SAISISSEZ ce nouet d'une main & à une diſtance aſſez élevée au-deſſus du baſſin A, preſſez-le de l'autre main. Le mercure cédant à la compreſſion que vous lui ferez éprouver, ſe fera jour à travers la peau, ſortira par ſes pores & tombera dans le baſſin ſous la forme d'une pluie d'argent.

En conſidérant attentivement la quantité prodigieuſe de globules de mercure qui ſe tamiſent dans une petite étendue de la ſurface de cette peau, on peut juger juſqu'à un certain point, de la multitude innombrable de

pores qui se trouvent disséminés sur la surface d'une peau animale quelconque; puisque toutes feroient observer le même phénomene. Cette expérience doit donc naturellement conduire le Physicien à parler de la transpiration insensible, qui est une des plus importantes fonctions de l'économie animale. Il doit particuliérement s'attacher à considérer la quantité de cette évacuation, les variétés qu'elle éprouve en quantité de circonstances, les effets qui en résultent & la nécessité indispensable de cette fonction. Nous en avons donné une idée suffisamment étendue dans nos *Leçons sur l'économie animale. Tome 2.*

Planche IV.

De la transpiration cutanée.

Second Appareil.

S, (Pl. IV, fig. 4.) est un petit support de bois placé sur la platine de la machine pneumatique, sur lequel on établit un vaisseau cylindrique de cristal A. On renferme dans celui-ci un œuf de poule B, on le remplit d'eau & on le recouvre d'un récipient R.

Autre Appareil destiné au même usage.

Fig. 4.

Planche IV.

Usage

De cet Appareil.

Faites le vuide ſous le récipient R, & vous obſerverez qu'à proportion que vous ferez agir la pompe, l'air compris dans l'œuf s'échappera par une multitude de pores répandus ſur ſa ſurface. Cet air s'élevera ſous la forme de petits globules à travers la maſſe d'eau, & viendra ſe développer ſous le récipient R. L'expérience réuſſit beaucoup mieux, lorſque l'œuf eſt un peu vieux, parce qu'il contient alors une plus grande quantité d'air qui prend la place de la partie laiteuſe à meſure qu'elle ſe diſſipe.

Il eſt nombre de circonſtances où il ſeroit avantageux & même important, de conſerver les œufs frais pendant long-temps.

Le Phyſicien ne doit point ignorer les différens moyens qu'on a imaginés & qu'on a mis en pratique à cet effet, l'expérience précédente leur donne lieu d'en parler, & il ne peut trop récommander la pratique de *M. de Reaumur* : nous l'avons décrite dans nos *Leçons de Phyſique expérimentale*.

Planche IV.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances végétales.

A B, (Pl. IV, fig. 5.) est un flacon ou une bouteille dont le cul est renfoncé & le bord C B, usé de maniere qu'elle peut s'appliquer exactement sur la platine de la machine pneumatique & y faire l'office d'un récipient. Cette bouteille est percée à son fond & on a mastiqué à cette ouverture, un tube D E, ouvert à ses deux extrêmités. Ce tube est destiné à établir une communication entre l'intérieur de la bouteille & le corps de pompe de la machine pneumatique; il empêche en même temps que l'eau dont la bouteille doit être en partie remplie, ne s'écoule par l'ouverture faite au fond de ce vaisseau.

Au col du même vaisseau est adapté & exactement mastiqué, une virole de métal F, par l'ouverture de laquelle on introduit dans la bouteille une substance végétale G H, telle qu'une branche d'arbre, une tige de plante, &c. Il faut avoir soin surtout que cette substance soit elle-même exactement mastiquée à l'ouverture par laquelle elle passe dans le vaisseau, & que l'air extérieur ne puisse s'y introduire par cet orifice. On se sert com-

Planche IV. modément à cet effet, de cire molle, dont on remplit en partie la virole F. On renverse cet appareil & on fait passer de l'eau dans la bouteille par le canal D E : elle doit être remplie jusqu'à l'origine E de ce canal.

USAGE
De cet Appareil.

On pose le flacon A B sur le cuir de la machine pneumatique, & on fait agir la pompe ; l'air compris dans la partie supérieure de ce vaisseau s'évacue, & celui qui est renfermé dans la substance végétale cédant à son expansion, se dégage & se fait jour à travers les pores de cette substance, d'où il s'élance dans la masse d'eau, sous la forme de petits globules. On voit donc les pores dont cette substance est remplie.

Au défaut de cet appareil on peut se contenter d'attacher avec de la cire molle, au fond d'un vaisseau cylindrique semblable à celui de la figure 4, les substances végétales qu'on veut soumettre à l'expérience, & on les traite alors de la même maniere que l'œuf dont nous venons de parler. C'est ainsi qu'on procéde lorsqu'on veut constater la porosité des coquilles d'une noix.

L'expérience de l'encre de sympathie peut encore trouver ici sa place. Elle se fait en écrivant sur du papier blanc avec une dissolution de sel de saturne ; l'écriture disparoit dès que le papier est sec. Ce papier mis entre les premiers feuillets d'un livre, si on verse sur les derniers quelques gouttes d'une dissolution de chaux vive & d'orpiment rouge, & qu'on mette ensuite le livre en presse pendant quelques momens, l'évaporation de cette derniere liqueur colore l'écriture & la fait reparoître.

Planche IV.

Encre de sympathie.

QUATRIEME APPAREIL.

AYEZ plusieurs vaisseaux de cristal semblables à celui qui est représenté par A B, (Pl. IV, fig. 6.) ; ce sont des especes de verres dont la coupe a huit à dix pouces de profondeur, pour empêcher que les matieres qu'on y met en dissolution ne s'épanchent lorsqu'elles se tuméfient & qu'elles s'élevent vers le haut du vaisseau.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances minérales.

Fig. 6.

Planche IV.

USAGE

De cet Appareil.

METTEZ dans l'un de ces vaiſſeaux un gros de limaille de fer ; mettez dans un autre même poids de limaille ou de raclure de cuivre rouge. Verſez dans l'un & dans l'autre quatre gros ou environ d'acide nitreux ; vous obſerverez auſſitôt une violente efferveſcence, une forte ébullition, accompagnées de vapeurs très-épaiſſes, & en peu de temps les métaux ſeront diſſous & répandus dans leur diſſolvant. Ils ſont donc poreux, puiſqu'ils donnent accès à ce diſſolvant.

Obſervations ſur les diſſolutions.

Cette expérience offre nombre de phénomenes tous également propres à ſatisfaire la curioſité du Phyſicien. Quelle eſt la cauſe immédiate de la diſſolution d'un métal ? Comment arrive-t-il que les métaux, quoique ſpécifiquement plus peſants que leur diſſolvant, y demeurent cependant ſuſpendus ? Pourquoi tous les métaux ne ſe diſſolvent-ils pas également dans le même diſſolvant ? Pourquoi, par exemple, celui qui diſſout très-bien l'or, ne peut-il également diſſoudre l'argent & réciproquement ? Comment ſe fait-il qu'un diſſolvant ſaturé d'un métal, en attaque encore

un autre plus facile à dissoudre, & abandonne souvent le premier sur la surface de celui qu'on lui présente ensuite ? Tous ces effets dépendent d'une théorie particuliere qu'on connoît en Chymie sous le nom de *Théorie des affinités*, dont nous donnerons une légere idée. Planche IV.

APPENDIX

Des Appareils propres à démontrer la Théorie des affinités.

Affinité en Chymie, ou *attraction de cohésion* en Physique, sont deux expressions tout-à-fait synonimes, & si le Chymiste distingue différentes especes d'affinités, il ne prétend pas pour cela assigner autant de causes particulieres, mais bien une diversité d'effets tous dépendans de la même cause, différemment modifiée; & le Physicien ne peut trop insister sur ces différences qui répandent le plus beau jour sur une théorie des plus importantes. Il doit distinguer d'abord avec soin, *l'affinité d'aggrégation*, de *l'affinité de composition*.

La premiere a lieu entre les parties simi- Affinité d'aggrégation.

Planche IV. laires d'une même fubftance, elle fait obferver une cohéfion beaucoup plus forte entre les parties qui fe réuniffent.

Affinités de compofition. La feconde fe fait également remarquer ; mais avec moins d'intenfité entre des parties hétérogenes qui concourent à la formation d'un mixte.

Dans ce dernier cas, il convient d'étudier les propriétés du mixte qui réfulte de l'union de ces principes hétérogenes, & d'obferver qu'elles participent pour l'ordinaire, & qu'elles tiennent le milieu entre celles de chacun des principes hétérogenes.

PREMIER APPAREIL.

Appareil pour démontrer que les propriétés d'un mixte participent à celles de chacun de fes principes. Fig. 6.

UN vaiffeau A B, (Pl. IV, fig. 6.), un flacon rempli d'acide nitreux, une once de marbre blanc pulvérifé, fuffifent à l'opération fuivante.

USAGE

De cet Appareil.

LA poudre de marbre mife dans le vaiffeau A B, on verfe par-deffus & à plufieurs reprifes, quatre onces d'acide nitreux. Il fe fait d'abord une forte effervefcence, une ébullition très-marquée. Laiffez calmer ces

mouvemens & examinez ensuite les qualités du mélange, vous le trouverez modérément salé, un peu amer & légérement piquant, l'odeur en sera pareillement affoiblie. Or, les principes de ce mixte sont la poudre de marbre, qui ne porte ni odeur ni saveur, & l'acide nitreux qui répand une odeur extrêmement forte, & dont la saveur est très-piquante & même corrosive. Planche IV.

L'alliage des métaux produit des phénomenes semblables, & offre au Physicien une multitude d'observations très-importantes.

Lorsqu'on combine ensemble trois principes ou trois substances, parmi lesquelles il s'en trouve une qui n'a d'affinité qu'avec l'une des deux autres, mais que cette affinité est égale à celle que ces deux dernieres ont entre elles; la combinaison des trois a lieu, & c'est ce phénomene que les Chymistes désignent sous le nom d'*affinité d'intermède*. Affinité d'intermède.

Le soufre, par exemple, n'a aucune affinité & ne peut s'unir immédiatement avec l'eau, mais ajoutez à l'eau de l'alkali fixe, cette derniere substance ayant à-peu-près le même degré d'affinité avec l'eau qu'avec le soufre, elle leur servira d'intermède. Les trois substances se combineront alors, & il en

Planche IV. réſultera un mixte qu'on connoît ſous le nom de *foye de ſoufre.*

Affinité de précipitation

Deux ſubſtances étant combinées, ſi on leur préſente une troiſieme qui n'ait que très-peu d'affinité avec l'une des deux premieres, mais dont l'affinité avec l'autre ſoit ſupérieure à celle qui unit les deux premieres, il ſe formera alors une décompoſition & une nouvelle compoſition. La troiſieme ſe combinera avec celle des deux avec laquelle elle aura une forte affinité, & l'union entre les deux premieres ſera détruite en même temps. Ce phénomene eſt connu en Chymie ſous le nom de *précipitation*; c'eſt un des plus importants à connoître, & qu'on peut facilement démontrer par le procédé ſuivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil d'une précipitation chymique; l'Arbre de Diane.

FAITES à froid un amalgame de quatre gros d'argent en feuilles & de deux gros de mercure; faites diſſoudre cet amalgame dans quatre onces d'acide nitreux bien pur & médiocrement concentré; étendez cette diſſolution dans une livre & demie d'eau diſtillée; gardez cette liqueur dans un flacon bien bouché.

Faites

Faites encore un nouvel amalgame de mercure & d'argent, mais dans lequel le mercure domine au point que cet amalgame soit mou & maniable comme du beurre. Planche IV.

USAGE

De cet Appareil.

METTEZ gros comme une lentille de cet amalgame dans un verre bien conique A B, (Pl. IV, fig. 7.); versez par-dessus trois onces ou environ de la liqueur dont nous venons de parler; posez le verre sur une table & laissez-le en cet état : l'acide nitreux dissoudra le mercure qui domine dans le petit bouton d'amalgame; l'argent compris dans la dissolution se précipitera, s'attachera sur ce bouton métallique & s'y élevera sous la forme de petits rameaux d'argent qui conserveront leur brillant métallique. Deux phénomenes curieux & faciles à expliquer dans la théorie des affinités. Fig. 7.



Planche IV.

Article Quatrieme.

Des Appareils propres à démontrer la prodigieuse divisibilité des corps.

Tout corps est divisible, mais jusqu'à quel point est-il divisible ? C'est une question purement métaphysique dont nous abandonnons la solution à ceux qui aiment ces sortes de paradoxes.

Il est cependant important au Physicien d'approfondir une question aussi long-temps agitée dans l'Ecole. Il pourra consulter à ce sujet, *les Théoremes de Keil*; il y trouvera les démonstrations les plus solides en faveur de la divisiblité de la matiere à l'infini. Il pourra consulter encore une Lettre de M. l'Abbé *Deidier*, intitulée, *Lettre d'un Abbé sur la divisibilité de la matiere.* Nous nous bornerons à démontrer seulement que la matiere est susceptible d'un nombre prodigieux de divisions, & nous produirons les moyens propres à constater cette importante vérité.

PREMIER APPAREIL.

Planche IV.

Prodigieuse divisibilité de la matiere démontrée par les dissolutions.

Fig. 8.

AB, (Pl. IV, fig. 8.), est un grand vaisseau de cristal propre à contenir dix à douze livres d'eau ; ayez outre cela, le poids d'un grain de carmin & un verre ordinaire.

USAGE
De cet Appareil.

METTEZ la petite dose de carmin au fond du verre ; versez par-dessus quelques gouttes d'eau & délayez le corps colorant avec le bout du doigt ; versez encore quelques gouttes d'eau & continuez à délayer le carmin jusqu'à ce qu'il soit parfaitement étendu dans l'eau & que vous ne sentiez plus de petites molécules sous le doigt : achevez de remplir le verre & continuez à étendre le carmin. Jettez alors cette teinture dans le vase A B, qui sera rempli d'eau ; ayez encore soin de bien remuer toute la masse, pour que la teinture s'y distribue uniformément, & l'eau deviendra sensiblement colorée. Calculez ensuite le poids de cette masse d'eau, reduisez-la en grains ; comparez ce dernier nombre à celui qui exprime le poids du corps

Planche IV.

colorant, & vous aurez une idée assez approchante de la division du carmin ; division que vous pourrez doubler en ajoutant une nouvelle masse d'eau semblable à la précédente, puisqu'elle sera encore suffisamment teinte pour qu'on s'en apperçoive.

La dissolution d'un grain pesant de cochenille dans suffisante quantité d'huile de tartre, le même poids de limaille de cuivre rouge dissous dans de l'esprit volatil de sel ammoniac, vous feront observer un semblable phénomene si vous jettez ces dissolutions dans des vases de même grandeur que le précédent, mais remplis d'eau distillée : cette derniere condition est indispensable pour éviter les précipitations qui auroient lieu & qui altéreroient les couleurs qu'on doit observer si on se servoit d'eau ordinaire.

SECOND APPAREIL.

Même vérité démontrée par les évaporations.

Fig. 9.

A, (Pl. IV, fig. 9,), est un petit vaisseau de métal rempli d'esprit-de-vin, & dans lequel on met un porte-méche H, garni de quelques brins de coton imbibés de la même liqueur. CF & ED, sont deux tiges de métal qui s'élevent au-dessus du vaisseau A: elles sont garnies intérieurement & vers le haut,

de lames à reſſort ſurmontées de deux petites roſettes en forme de coquilles, entre leſquelles on place une éolipile de verre G. Planche IV.

Usage

De cet Appareil.

Remplissez l'éolipile G, juſqu'aux deux tiers ou environ de ſa capacité, d'une liqueur odorante ; on prend communément pour cela, de l'eſprit recteur de lavande, & on procéde de cette maniere.

La lampe A étant allumée, on fait chauffer modérément au-deſſus de ſa flamme, l'éolipile G, dont on plonge enſuite le bec I, dans la liqueur qu'on ſe propoſe d'y introduire : il y en entre quelques gouttes ſeulement, & cette petite quantité ſuffit. On fait alors chauffer cette éolipile au point de réduire en vapeurs la liqueur qui s'y eſt introduite, & lorſqu'elle eſt en cet état, on plonge bruſquement le bec de l'éolipile dans la liqueur odorante ; elle y entre bruſquement & on retire l'éolipile lorſqu'elle paroît ſuffiſamment remplie.

Ce procédé eſt fondé ſur l'extrême dilatabilité des vapeurs comparée à celle de l'air,

Planche IV. phénomene important à connoître, & que le Phyficien doit développer. On remet alors l'éolipile fur la lampe; la liqueur s'échauffe; fa chaleur augmente jufqu'à l'ébullition; elle fe réduit en vapeurs. Celles-ci fe répandant dans toute la maffe d'air qui remplit la falle où l'on fait l'expérience, elles parfument cette maffe au point que l'odeur de la lavande fe fait fentir dans tous les endroits de cette falle où l'on veut en faire l'épreuve.

Or, en confidérant l'étendue de la maffe d'air parfumée, & la comparant à la quantité d'évaporation qui a eu lieu pour cet effet, on juge facilement de la prodigieufe ténuité des parties odorantes.

Obfervation fur la maniere de connoître le réfultat de cette expérience.

Pour faire ce calcul avec l'exactitude dont il eft fufceptible, il faut avant l'évaporation, s'affurer du poids de la caffolette & de la liqueur dont elle eft remplie, la repéfer enfuite après l'expérience, pour connoître le déchet occafionné par l'évaporation: obferver autant qu'il eft poffible, le rapport des parties odorantes à la quantité de liqueur évaporée qui leur fervoit de véhicule; mefurer les dimenfions de la falle & les réduire en lignes cubiques, afin que multipliées enfuite les unes par les autres, on puiffe con-

noître la quantité de lignes cubiques d'air qui se trouvent imprégnées de l'odeur de la lavande. Planche IV.

Nous abandonnons ici nombre d'observations qui pourroient toutes également confirmer la prodigieuse divisibilité de la matiere, telles sont celles qu'on peut faire sur la ductilité des métaux, considérée dans les procédés du Batteur & du Tireur d'or ; les observations microscopiques qui offrent une multitude étonnante & variée de phénomenes dignes de l'attention du Physicien. Nous les avons décrites dans nos *Leçons de Physique experimentale.*

Article Cinquieme.

Des Appareils concernant la mobilité des corps & leur prétendue force d'inertie.

Il n'est aucun corps qu'on ne puisse faire passer d'un lieu dans un autre, & conséquemment qui ne soit mobile. Nous ne nous occuperons point ici à constater cette propriété dans les corps, mais bien à examiner quelles sont les circonstances qui influent sur leur mobilité, & qui les rendent plus mobiles les uns que les autres.

Planche IV.

On conçoit trop aiſément de quelle maniere la figure, la maſſe, le volume & le plus ou le moins d'aſpérités ſur la ſurface des corps, peuvent apporter quelque changement à leur mobilité, pour inſiſter ſur ces objets que le Phyſicien doit cependant conſidérer avec attention. Nous ne nous occuperons que du ſeul obſtacle à la mobilité qui fit naître, vers la fin du ſiécle dernier, une diſpute ſur laquelle les ſentimens ſont encore partagés.

Lorſqu'on conſidére la mobilité d'un corps qui ſe meut dans le vuide, on conçoit que quoique tout obſtacle ſoit éloigné, ce corps eſt cependant d'autant moins mobile de quelque ſens qu'on veuille le mouvoir, qu'il porte plus de maſſe avec lui. La maſſe oppoſeroit-elle donc une réſiſtance réelle au mouvement ? Seroit-il donc vrai de dire qu'il exiſteroit dans la nature une véritable *force d'inertie* ? C'eſt-à-dire, que la matiere feroit éprouver à la puiſſance qui tendroit à la déplacer, une réſiſtance différente de celle qui vient de la péſanteur, dont nous parlerons amplement ailleurs, & qui tend conſtamment à porter les corps ſublunaires vers le centre de notre globe ? C'eſt une grande queſtion que le Phyſicien doit mettre dans tout ſon jour.

Planche V.

PREMIER APPAREIL.

Appareil de Newton.

Fig. 1.

C, C, C, (Pl. V, fig. 1.), ſont des points fixes auxquels on ſuſpend deux billes de matiere non élaſtique; deux billes de plomb, par exemple, égales en maſſe. On remarque derriere ces billes un arc gradué DE, dont les diviſions ſont égales & diſpoſées de façon que l'origine de chaque diviſion répond de part & d'autre au centre de chacune des billes. Si on ne veut point multiplier les appareils, on peut ſe ſervir pour cette expérience, de celui de *Mariotte*, que nous décrirons plus bas.

USAGE

De cet Appareil.

ÉLEVEZ l'une des deux billes, ſuppoſons la bille B, juſqu'à une certaine graduation, ſuppoſons la ſeconde; abandonnez-la à elle-même: elle viendra choquer la bille A, & l'une & l'autre ne remonteront après le choc, que juſqu'à la premiere graduation en ſens contraire.

C'eſt d'après cette expérience que *Newton* admet une réſiſtance réelle dans la matiere, différente de celle qui naît de la péſanteur, & il prétend que ſans cette réſiſtance les deux

Planche V. billes devroient se mouvoir après le choc avec une vîtesse égale à celle de la bille choquante avant le choc.

Second Appareil.

Appareil de l'Abbé Nollet. Fig. 2.

Sur une tablette C F, (Pl. V, fig. 2.), s'élevent deux montans de cinq à six pieds de hauteur G L & I K, retenus par une traverse M N, évidée dans le milieu pour recevoir deux billes d'yvoire A & B, qu'on attache & qu'on retient l'une à l'autre avec un peu de cire molle.

Le marteau D, de même matiere que les billes, est mobile sur sa queue *b*, & peut s'élever à une hauteur plus ou moins grande, par une espece de ressort R, auquel est attaché un fil *e* H, qui passe sur une poulie Q.

Usage

De cet Appareil.

En retirant le cordon *e* H, on lâche le ressort, la tête du marteau frappe la bille B; elle se détache de la bille A: l'une & l'autre tombent sur la tablette C F, mais la bille B précéde la bille A.

L'Abbé *Nollet* conclud de cette expé-

rience, que la force qu'on a été obligé d'emprunter du marteau pour accélérer la chûte de la bille B, & lui faire dévancer la bille A, eſt une nouvelle preuve de la réſiſtance que la matiere oppoſe à ſon mouvement & conſéquemment de la force d'inertie reconnue par *Newton* & par pluſieurs célébres Phyſiciens. Planche V.

En réfléchiſſant ſur ces expériences, il eſt aiſé de démontrer que ni l'une ni l'autre ne prouvent qu'il exiſte une force réelle dans la matiere, par laquelle cette matiere réſiſte au mouvement qu'on veut lui imprimer, ou à l'accroiſſement qu'on veut faire prendre à ſa vîteſſe lorſqu'on la ſuppoſe en mouvement. Elles prouvent ſeulement que le mouvement eſt le produit d'une force qu'on imprime à la matiere pour la retirer de l'état de repos dans lequel on la ſaiſit, & que tout effet étant proportionné à ſa cauſe, cette force doit être d'autant plus grande, qu'on ſe propoſe d'imprimer plus de mouvement au corps qu'on veut mouvoir.



Planche V.

SECTION TROISIEME.

Des Appareils pour les expériences du mouvement.

Idée du mouvement.

Le mouvement eſt un des principaux modes de la matiere, dont le repos n'eſt que la ſimple privation, quoiqu'également un mode du même ſujet. Au défaut d'une définition plus exacte, les Phyſiciens regardent le mouvement comme le tranſport d'un mobile qui paſſe d'un lieu dans un autre, & ils le diſtinguent en trois eſpeces; *uniforme* lorſqu'il fait parcourir au mobile, des eſpaces égaux en temps égaux. *Non uniforme*, lorſque les eſpaces parcourus dans le même temps ſont inégaux. *Mixte*, lorſqu'il participe aux deux précédentes eſpeces.

Ses eſpeces.

Le mouvement uniforme peut être *ſimple* ou *compoſé*: il eſt ſimple lorſque le mobile n'eſt animé que par une ſeule puiſſance ou par pluſieurs qui le ſollicitent vers un même point. Compoſé, lorſque les puiſſances qui le maîtriſent tendent à le porter vers différens points, non cependant diamétralement oppoſés.

On considére dans le mouvement simple la *vîtesse*, exprimée par l'espace parcouru dans un temps donné. La *force* ou la *quantité de mouvement*, qui est comme le produit de la masse, par la vîtesse & les loix auxquelles le mobile est astreint dans son mouvement. Ce sont autant de considérations particulieres qui méritent toute l'attention du Physicien, & que nous avons développées dans nos *Leçons de Physique expérimentale.* Planche V.

On démontre en Physique, qu'un corps mis en mouvement par une force donnée, doit persévérer dans cet état, avec la même vîtesse & suivant la même direction, jusqu'à ce qu'une cause étrangere apporte quelque changement à cet état. On démontre pareillement que soumis à l'action simultanée de plusieurs puissances, un mobile se prête en même temps à l'effort de chacune de ces puissances. On démontre encore qu'un corps mis en mouvement communique une partie de la force qu'il a reçue à d'autres corps qu'il rencontre sur son passage. On démontre qu'il existe dans la nature des obstacles qui s'opposent à la perpétuité du mouvement, qui altérent la vîtesse & même quelquefois la direction du mobile. On démontre outre

Planche V.

cela, que tout corps eſt naturellement ſoumis à l'effort d'une force particuliere qui le ſollicite vers un centre, & qu'abandonné à lui-même, il obéit conſtamment à cette force. On démontre enfin, qu'il en exiſte une autre en certaines circonſtances, qui tend à l'éloigner de ce centre. Nous traiterons donc 1°, des Appareils du mouvement composé; 2°, de ceux dont on fait uſage pour démontrer les loix de la communication du mouvement. 3°. De ceux dont on ſe ſert pour vérifier les loix du mouvement réfléchi. 4°. Des Appareils qui font connoître les obſtacles à la perpétuité du mouvement. 5°. De ceux qui démontrent les loix du mouvement réfracté. 6°. De ceux qui vérifient les effets de la peſanteur. 7°. Enfin des Appareils des forces centrifuges.

Diviſion de cette Section.

Article Premier.

Des Appareils du mouvement composé.

Tout mobile étant un être paſſif & également indifférent pour toute modification poſſible, doit néceſſairement ſe prêter à toutes celles qu'on tend à lui imprimer en même

temps. Pour cet effet, il doit composer son mouvement & prendre une direction moyenne entre celles que chacune des puissances qui l'animent, tend à lui imprimer. C'est d'après ce principe universellement reçu, que si deux puissances égales & opposées à angle droit, agissent en même temps contre un mobile, on lui verra décrire la diagonale d'un quarré, dont deux côtés adjacens représenteront la direction & l'intensité de chacune de ces puissances. Planche V.

PREMIER APPAREIL.

EF, (Pl. V, fig. 3.), est un plan vertical élevé sur un soc GH; *a b* & *c d*, sont deux fils de métal tendus vers le haut du plan & disposés parallélement à ce plan, de façon que la poulie B, puisse se mouvoir librement entre ces deux fils. Pour rendre ce mouvement plus aisé, l'axe de la poulie porte à ses extrêmités deux rouleaux dont les gorges roulent sur la longueur de ces fils. La châsse de la poulie B, est attachée à un cordon *e f*; celui-ci passe sur la circonférence d'un petit rouleau *o*, mobile sur son axe: un corps M est attaché à l'extrêmité *h* d'un autre cordon *g h*; ce cordon passe sur la gorge de la poulie B, & est

Appareil du mouvement composé Fig. 3.

Planche V. fixé en *r*, au coq qui retient les fils de métal *a b*, *c d*.

USAGE

De cet appareil.

ON conçoit facilement que le mobile M étant suspendu au cordon *g h*, & placé vers le point A, l'un des angles du quarré ABDC, si on vient à tirer le cordon *e f*, on déterminera la poulie B, à glisser le long des fils de métal *a b*, *c d*: or, par ce seul mouvement le mobile M recevra deux impressions égales & opposées à angle droit; puisqu'en même temps que le cordon *g h* glissera parallélement à l'horison en suivant la poulie B, il se racourcira d'une quantité égale à l'espace qu'il parcourra, selon la direction B D. Ce mobile sera donc tout-à-la fois dirigé avec des forces égales, selon les directions A C, A B, & on observera que pour se prêter également à ces deux impulsions, il décrira la diagonale A D du quarré A B D C.

Le même effet auroit lieu si le mobile étoit mis en mouvement par deux chocs égaux, imprimés selon deux directions semblables aux deux précédentes.

SECOND

Planche V.

SECOND APPAREIL.

Autre appareil destiné au même effet.

Fig. 4.

SUR les angles d'une espece de billard ABCD, (Pl. V, fig. 4.) sont élevées deux consoles EF & GH, qui servent d'appui à deux régulateurs IK, LM, mobiles sur leurs pivots & portant chacun par en bas un arc divisé en un certain nombre de parties égales. Au haut de ces régulateurs sont suspendus deux pendules *ab*, *cd*, égaux en longueur & terminés inférieurement par deux petites masses d'ivoire *e*, *f*, de façon que le centre de gravité de chacune étant à une même distance des points de suspension, leurs vibrations se font dans le même temps ou sont isochrones.

USAGE

De cet Appareil.

PLACEZ une bille d'ivoire O, vers l'angle A du billard, & opposez les régulateurs à angle droit, mais de maniere que les marteaux *e*, *f*, touchent également la bille. Élevez ces deux marteaux à une même hauteur, en leur faisant parcourir le même arc : que cette hauteur soit cependant telle, que le choc du marteau *e* puisse seulement pousser la bille jusqu'à l'angle

Planche V. B, du billard. Abandonnez en même temps ces deux marteaux à eux-mêmes, ils frapperont ensemble la bille O, & ils lui imprimeront deux directions opposées à angle droit, l'une qui tendra à la porter selon la longueur & l'autre selon la largeur du billard. Vous observerez alors que la bille suivra la diagonale, & comme les forces qui l'animent sont égales, au lieu de se porter en C, elle arrivera vers le point R, extrêmité du côté B R, que nous supposons égal à A B.

Si on réitere l'expérience & que le marteau *f* soit élevé plus haut que le marteau *e*, & suffisamment, toutes fois, pour qu'il puisse pousser la bille jusqu'à l'angle D du billard, alors l'action simultanée des deux marteaux lui fera décrire la diagonale A C, & elle parviendra à l'angle C: d'où il suit que non-seulement elle compose son mouvement des deux impressions qui l'animent en même temps, mais encore qu'elle se prête à l'action de ces deux puissances à raison de leur intensité. C'est ce qu'on exprime très-bien lorsqu'on dit que si deux forces inégales agissent en même temps & à angle droit, contre un mobile, il suivra la diagonale d'un parallélograme dont les deux côtés adjacens représenteront les directions & l'intensité de ces puissances.

On peut, à l'aide de ce même appareil, faire agir les puissances sous différens angles, & on observera des variétés dans la longueur des diagonales que le mobile parcourra. Mais ce sont autant de phénomenes importans qu'on démontre beaucoup mieux par une théorie géométrique, que par l'expérience qui ne peut donner que des à-peu-près. Il convient encore ici de faire remarquer & de démontrer que dans tous ces cas, la diagonale est parcourue précisément dans le même temps que le mobile emploieroit à parcourir un seul des côtés du parallélograme ou du quarré, si une seule des deux puissances agissoit contre lui. Planche V.

C'est sur ces principes universellement reçus qu'est fondée toute la théorie de la composition & de la décomposition des forces; théorie importante en Physique & qu'on ne peut traiter d'une maniere trop étendue.



Planche V.

Article Second.

Des Appareils nécessaires pour les expériences de la communication du mouvement.

Lorsqu'un corps en mouvement rencontre sur son passage un autre corps, il le choque; & si cet obstacle est susceptible d'être déplacé, il le transporte avec lui en vertu de la force qu'il lui communique dans le choc. Mais si l'obstacle est invincible, la résistance qu'il fait éprouver au mobile, détruit toute la force de ce dernier, & on observe nombre de phénomenes que nous développerons plus bas.

Dans le premier cas, le choc peut se faire entre des corps *durs*, *mous* ou *élastiques*. Les deux premieres especes sont soumises aux mêmes loix quant au transport du mobile; il suffira donc de considérer le choc dans l'une ou dans l'autre de ces deux especes de corps. Nous diviserons cet Article en deux Paragraphes. Le premier traitera des Appareils propres à démontrer les effets du choc entre des corps mous, le second entre des corps élastiques.

Division de cet Article.

Planche V.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des Appareils propres à déterminer les effets du choc entre des corps mous.

QUOIQUE les corps durs & les corps mous soient soumis aux-mêmes loix quant au déplacement de l'obstacle que le mobile rencontre, les impressions du choc sont cependant différentes entre ces deux especes de corps, & c'est une observation qu'on ne doit point négliger. Elle sert à faire connoître que la communication du mouvement qui est instantanée entre des corps durs, n'est que successive entre des corps mous.

Pour déterminer par expérience les effets du choc entre des corps de quelqu'espece qu'ils soient, il faut un appareil fait avec la plus grande exactitude, & tel que celui que nous allons décrire.

APPAREIL.

SUR un soc triangulaire A B, (Pl. V, fig. 5.) qui se calle & qui se met d'à-plomb par trois vis qui le traversent *a*, *b*, s'éleve un montant D E, de cinq à six pieds de hauteur. On remarque vers le haut une rainure à jour Machine de Mariotte. Fig. 5.

Planche V. F, dans laquelle glissent deux portans H, I, situés perpendiculairement au plan du montant, & qu'on retient en situation par deux vis de pression adaptées postérieurement sur la queue de ces portans, comme on peut le remarquer en A, (fig. 6.), où nous avons fait graver une partie du profil de la machine, pour en développer plus commodément les parties.

Fig. 6.

En *a*, extrêmité de l'un de ces portans, on voit un point fixe, auquel on attache un fil qui vient passer par les yeux d'une piece de cuivre *e* B, reployée sur elle-même. Cette piece est percée & taraudée pour recevoir une vis C D, terminée en forme de crochet auquel on suspend une bille : cette vis monte & descend dans son écrou & sert à élever ou à abaisser la bille qu'elle porte, afin que son centre se trouve dans la même ligne horisontale que celui de sa voisine, suspendue de la même maniere au second portant de la machine.

Après avoir passé par les yeux de la piece de cuivre, le fil attaché en *a* revient embrasser la circonférence d'une poulie *d*, & est ramené sur une cheville E posée latéralement sur la hauteur du montant de la machine,

mais à une hauteur convenable pour qu'on puisse la saisir aisément, la faire rouler dans son trou pour allonger ou racourcir le fil. Planche V.

A quelque distance au-dessus du soc de la machine, on voit une espece de chassis de bois *M* N, (fig. 5.), dont la planche antérieure est creusée en biseau pour recevoir deux regles de bois O & P, divisées chacune en un nombre quelconque de parties égales. Fig. 5.

Au devant de cette traverse sont tendus parallélement entre eux & à un pouce ou environ de distance, deux fils de laiton *a b*, *c d*, (fig. 7.); on fait passer dans cet espace les tiges de métal auxquelles les billes sont suspendues. Sur l'un de ces fils glisse un petit index de cuivre *e* qui s'appuie sur l'autre; il sert à indiquer la graduation à laquelle les billes ou l'une des billes doit s'élever après le choc. Fig. 7.

USAGE

De cet Appareil.

ON conçoit assez facilement l'usage de cet appareil par la seule description que nous venons d'en donner; nous nous bornerons donc à indiquer ici les principales expériences auxquelles il est destiné.

Planche V.

Lorſqu'on veut déterminer les effets du choc entre des corps mous, on ſe ſert communément de billes faites de terre glaiſe bien détrempée & bien molle. On en fait deux de même poids qu'on traverſe avec un fil de métal retenu dans l'intérieur de la bille par un petit morceau de liege attaché à l'extrêmité inférieure du fil de métal : l'autre extrêmité doit être contournée en forme de crochet, pour ſuſpendre cette bille à la machine. On en fait une troiſieme de même matiere mais d'un poids différent; on la fait ordinairement ſous double en maſſe, & dans ce cas, on peut conſidérer la petite comme le tiers d'une maſſe dont chacune des deux autres repréſente les deux tiers, & les réſultats des expériences en ſont bien plus faciles à développer.

Choc entre deux corps mous égaux en maſſe, dont l'un eſt en repos.

Fig. 5.

Les deux billes égales en maſſe étant ſuſpendues aux extrêmités des fils de la machine, (Pl. V, fig 5.), & leurs centres étant placés dans le même plan & dans la même ligne, on diſpoſe les deux tablettes O & P de maniere que l'origine de la graduation réponde de part & d'autre au centre de la bille, ou plus commodément au fil de métal qui la traverſe. Cela fait, l'une des billes reſtant en repos, ſi on éleve l'autre par un arc d'un certain

nombre de dégrés, & qu'on l'abandonne à elle-même, on remarquera, après le choc, que les deux billes se mouveront dans la direction de la bille choquante, & qu'elles mesureront l'une & l'autre un arc sous-double de celui que la bille choquante aura parcouru avant le choc. Planche V.

Pour développer la raison de ce phénomene, on doit faire observer 1°, qu'une bille suspendue à un fil & élevée à une hauteur donnée, doit remonter en sens contraire jusqu'à la même hauteur, en vertu de la force qu'elle a acquise pendant sa chûte. 2°. Que si elle ne s'éleve pas précisément à cette hauteur, le petit déchet qu'on remarque vient de la résistance de l'air dans lequel elle se meut, & du léger frottement qu'elle essuie à ses points de suspension. 3°. Que dans le choc entre deux corps mous dont l'un est en repos, la force du corps choquant doit se distribuer suivant le rapport des masses; de sorte qu'après le choc, le corps choquant & le corps choqué doivent se mouvoir avec la même vîtesse.

Choc entre les mêmes corps & tous les deux en mouvement & dans le même sens.

Les mêmes principes ayant lieu lorsque les deux corps sont en mouvement, mais dans le même sens, on remarque que si on éleve

Planche V.

l'une de ces billes par un arc de six dégrés, par exemple, & l'autre par un arc de deux, elles mesureront après le choc un arc de quatre degrés.

Pour faire cette expérience on a soin de placer les deux regles O & P de façon que l'origine de leur graduation réponde au centre de la bille choquée. On doit donc alors considérer à quelle graduation répond celui de la bille choquante, & l'élever à la sixieme graduation au-delà. On place alors, comme on a dû le faire dans le cas précédent, & comme il conviendra de le faire dans tous ceux que nous allons exposer, l'index *e*, (fig. 7.), à la graduation à laquelle on attend les billes, mais un peu en-deçà cependant, pour compenser la perte que la résistance du milieu & le frottement occasionnent nécessairement dans leur mouvement. On met, pour plus grande commodité encore, un petit morceau de papier sur l'index & de maniere que ce papier l'excéde un peu: la tige qui porte la bille venant à frapper le papier, on juge plus aisément de la hauteur à laquelle cette bille s'est élevée.

Fig. 7.

Choc entre les mêmes corps mûs en sens contraire.

Les deux mêmes billes se mouvant en sens contraire, elles demeurent en repos après le choc, si elles se meuvent avec des vîtesses

égales ; c'est-à-dire, si elles ont été élevées à la même hauteur, puisque leurs forces sont alors égales & opposées. Mais si elles se meuvent avec des vîtesses inégales, elles continueront à se mouvoir dans la direction de la plus forte, avec une vîtesse qui sera égale à la moitié de l'excès de la force de cette derniere. Planche V.

En raisonnant d'après les mêmes principes, on peut soumettre des billes inégales en masse aux mêmes expériences.

Cette théorie bien développée, il se présente plusieurs applications importantes que le Physicien ne doit point négliger. Parmi celles-ci l'action d'un courant d'eau contre les vannes d'une roue mérite particuliérement son attention. On trouvera cette théorie très-bien développée dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers.* Elle l'est encore parfaitement bien dans celui de *Muschenbroek* ; mais comme il étoit grand partisan des forces vives, il ne faut point s'en rapporter à sa maniere d'estimer les forces dans les corps en mouvement. Nous l'avons développée d'une maniére plus facile à saisir & plus à la portée de tout le monde, dans nos *Leçons de Physique expérimentale.*

PARAGRAPHE SECOND.

Des Appareils néceſſaires pour les expériences du choc entre des corps à reſſort.

QU'ENTEND-on par reſſort dans un corps ? Quelle eſt la cauſe de ce reſſort ? Ce ſont deux queſtions importantes qu'il eſt à propos de traiter avant d'expoſer les phénomenes du choc entre des corps à reſſort. Il eſt même encore important de faire obſerver qu'un corps à reſſort qui frappe un autre corps céde à l'impreſſion du choc, & que ſa figure s'altére ſenſiblement dans le choc ; mais que la reſtitution de ſon reſſort reporte les parties déplacées par le choc, dans la même ſituation où elles étoient avant le choc. On ſe ſert pour cela de l'appareil ſuivant.

PREMIER APPAREIL.

Planche VI.

Appareil pour démontrer l'altération de la figure d'un corps à reſſort dans le choc.

Fig 1.

AB, (Pl. VI, fig. 1.), eſt un quarreau de marbre noir ſolidement monté dans une tablette de bois. C, eſt une petite boule d'ivoire de huit à neuf lignes de diametre, cette bille placée ſur la ſurface du marbre, ne le touche que par un petit point.

Planche VI.

USAGE

De cet Appareil.

Si on fait choquer cette bille contre le marbre en la laissant tomber dessus d'une hauteur un peu considérable ; l'une & l'autre cédant à l'impression du choc, la bille s'applatira, le marbre se creusera & les deux corps se toucheront par une surface plus ou moins étendue : mais faisant abstraction ici de l'excavation du marbre, pour ne considérer que l'applatissement de la bille, voici comment on parviendra à s'en assurer.

Ternissez le marbre en poussant votre haleine sur sa surface, & faites choquer plus ou moins fortement la bille ; l'applatissement qu'elle éprouvera alors formera sur cette surface un segment de sphere qui touchera le marbre & qui enlevera le terne dans toute l'étendue de son contact. On verra donc alors sur la surface du marbre, un petit cercle poli tel que *a*, & ce cercle indiquera la quantité de l'applatissement.

D'après cette expérience, on conçoit manifestement que les corps à ressort participent à la nature des corps mous, puisqu'ils cédent

Planche VI.

à l'impreffion du choc. La communication du mouvement doit donc fe faire fuivant les mêmes loix que nous avons déja indiquées ; mais en fuppofant ces corps parfaitement élaftiques, on conçoit également que la reftitution de leur reffort ajoute au corps choqué & fait perdre au corps choquant une force égale à celle qui fe communique dans le choc, ce qui fuffit pour développ er, comme il convient, les effets du choc entre ces fortes de corps, qu'on doit confidérer dans les mêmes circonftances que nous venons d'indiquer par rapport aux corps mous. On conçoit donc de-là,

Choc entre deux billes à reffort égales en maffe, & dont l'une eft en repos.

Fig. 5. Pl. V.

1°. Que fi deux corps, fuppofons deux billes d'ivoire égales en maffe, font fufpendues à l'appareil indiqué (Pl. V, fig. 5.), & que l'une des deux foit en repos, la bille choquante demeurera en repos après le choc, & que la bille choquée fe mouvera avec toute la vîteffe de la choquante.

Toutes deux en mouvement dans le même fens.

2°. Que fi elles font toutes deux en mouvement & dans le même fens, elles feront échange de leurs vîteffes après le choc.

Mues en fens contraire avec les mêmes vîteffes.

3°. Que fi elles fe meuvent en fens contraire avec des vîteffes égales, elles retourneront en arriere en mefurant les mêmes arcs par lefquels elles fe feront approchées.

4°. Que si elles se meuvent en sens contraire avec des vîtesses inégales, elles retourneront en arriere, ayant fait échange de leurs vîtesses.

Planche VI.

Avec des vîtesses différentes.

Ayant égard au rapport des masses, si elles sont différentes, on pourra leur appliquer aisément la même théorie.

L'explication du phénomene indiqué (n°. 1.) peut satisfaire pour résoudre les suivants, pour lesquels il faut se procurer l'appareil que voici.

SECOND APPAREIL.

Appareil nécessaire pour démontrer les effets du choc entre plusieurs billes.

Fig. 2.

AB, CD, (Pl. VI, fig. 2.) sont deux regles de bois réunies à la distance de huit à dix pouces, par les traverses T, T. Sur la longueur de la regle CD, sont attachés à des distances convenables, de petits crochets *a*, *a*, *a*, &c. La regle A B est garnie de chevilles *b*, *b*, *b*, &c. disposées parallélement aux crochets *a*, *a*, *a*, auxquels sont attachés des fils de soie qui pendent au-dessous à la distance de quinze à dix-huit pouces, & qui viennent se rouler sur les chevilles *b*, *b*, *b*, de façon que les centres des billes, qui doivent être suspendues à ces fils, soient rangés dans la même ligne & dans le même plan.

Cet appareil s'applique au haut du mon-

Planche VI. Fig. 5. Pl. V. Fig. 3.

tant D E, (Pl. V. fig. 5.) & y eft retenu par deux vis de preffion G & H appliquées aux extrêmités des tenons E F qui embraffent le montant D E. On voit la difpofition de cet appareil Pl. VI, fig. 3.)

USAGE

De cet Appareil.

On fait communément ufage de fept billes pour ces fortes d'expériences. En les fuppofant d'abord de même maffe, on a foin de les difpofer de maniere qu'elles foient contiguës les unes aux autres, ce qui dépend de la difpofition des crochets *a*, *a*, *a* &c. & des chevilles *b*, *b*, *b*, &c. Cela pofé on remarquera,

Choc entre plufieurs billes égales en maffe & contiguës.

1°. Que fi on éleve une feule des billes, celle qui fe trouve à l'une des extrêmités de la file, & qu'on l'abandonne à elle-même, la derniere fe déplacera après le choc & parcourra, en s'éloignant, un arc femblable à celui de la bille choquante : toutes les autres demeureront en repos.

2°. Que fi on répéte la même expérience élevant deux billes du même côté, & en les entretenant dans leur contiguité, les deux dernieres

dernieres se déplaceront après le choc & parcourront conjointement un même arc. Planche IV.

3°. Que si on en éleve trois, les trois dernieres produiront le même effet.

4°. Que si on en éleve quatre, celle du milieu suivra alternativement les trois qui se déplaceront de chaque côté.

Choc entre plusieurs corps contigus inégaux en masse.

On peut encore, à l'aide du même appareil, démontrer les deux fameuses propositions *d'Huyghens* ; l'une, que si un corps vient à la rencontre d'un autre corps dont la masse soit plus grande ou plus petite que la sienne, mais qui soit en repos, le corps choquant lui communiquera plus de vîtesse s'il le choque par l'interméde d'un troisieme corps en repos dont la masse soit moindre que celle du corps choquant & plus grande que celle du corps choqué.

La seconde, que la vîtesse imprimée par le corps choquant sera autant grande qu'elle puisse être, si la masse qui sert d'interméde & qu'on suppose encore en repos, est moyenne proportionnelle entre celle du corps choquant & celle du corps choqué. On trouvera le développement de ces deux phénomenes dans un excellent Ouvrage de M. *Huyghens*, intitulé, *de motu corporum ex percussione.*

Planche VI. Nous ne traiterons point à part du choc des corps contre un obstacle insurmontable, parce que nous n'avons point d'appareils particuliers pour en démontrer les effets ; deux mots suffiront pour les indiquer.

1°. Si un corps dur vient heurter un obstacle insurmontable, il consommera toute sa force contre cet obstacle & il demeurera en repos après le choc.

2°. Si un corps mou se trouve dans le même cas, il consommera pareillement toute sa force, mais il s'applatira & il conservera, après le choc, la déformation qu'il aura éprouvée dans sa figure.

3°. Si le corps choquant est élastique, il s'applatira également, il perdra tout son mouvement direct ; mais la restitution de son ressort le reportera en arriere avec une force égale à celle qu'il aura consommée dans le choc. Ce dernier effet, connu sous le nom de *réflection*, est soumis à une loi invariable qu'on démontre par un appareil particulier qui va faire l'objet de l'Article suivant.



Planche VI.

Article Troisieme.

De l'Appareil propre à démontrer la loi générale du mouvement réfléchi.

Une seule & unique loi détermine les effets de la réflection dans un corps à ressort, & on démontre que tout corps parfaitement élastique qui se réfléchit, fait son angle de réflection égal à son angle d'incidence. S'il tombe perpendiculairement, il s'en retourne par la même ligne perpendiculaire & forme, en descendant & en remontant, deux angles droits avec le plan qu'il choque. La même loi a lieu lorsque le choc se fait obliquement, & on se sert de l'appareil suivant pour en démontrer la certitude aussi exactement qu'il est possible.

Appareil.

Sur une tablette T, (Pl. VI, fig. 4.), qu'on calle & qu'on met de niveau par trois vis *a*, *a*, se meut circulairement sur une charniere, une petite caisse remplie par un marbre noir & poli A. Cette caisse qui décrit un arc dans son mouvement, s'arrête & se

Appareil du mouvement réfléchi.

Fig. 4.

Planche VI. fixe par une vis de preſſion B, ſur tous les points de l'arc B D d'un plan qui s'éleve verticalement ſur un des côtés de la tablette T.

Sur un des petits côtés de la même tablette, s'éleve un montant M N, au haut duquel on a aſſemblé une potence N G, retenue fixement en ſituation par une conſole *s*. Cette potence eſt percée en *c* d'un trou ſuffiſamment grand pour laiſſer paſſer librement une bille d'ivoire de ſix à huit lignes de diametre.

Vers le bas du montant M N, on remarque une eſpece de caiſſe R, mobile ſur la hauteur de ce montant, & qu'on fixe à une hauteur convenable par une vis de preſſion P. Cette caiſſe porte une gouttiere G qui regne ſur toute ſa largeur : cette gouttiere eſt d'environ dix lignes de hauteur.

On remarque en V, vers le haut & poſtérieurement au montant, un fil V X, auquel on ſuſpend un petit poids. C'eſt un à-plomb qui répond à une ligne verticale tracée ſur la face poſtérieure de ce montant : il ſert à mettre la machine de niveau.

Planche VI.

USAGE

De cet appareil.

On dispose le marbre A de façon qu'il fasse un angle connu avec l'horison. On laisse tomber la bille par le trou *c* : on recule pour cet effet une petite lame de cuivre *b* qui bouche en-dessous cette ouverture. Elle tombe par une perpendiculaire & elle vient frapper en E le marbre A, sous l'angle sous lequel il est disposé. Après le choc on la voit se réfléchir selon la ligne EF & former, par sa réflection, un angle égal à son angle d'incidence. Pour s'assurer du mouvement de cette bille dans sa réflection, & démontrer qu'elle suit la ligne EF, on dispose la caisse R de façon que le milieu de la gouttiere G soit dans la direction de cette ligne, & on voit la bille se porter dans cette gouttiere.

Il ne faut cependant pas s'attendre à voir réussir constamment cette expérience : une bille d'ivoire n'est point un corps parfaitement élastique, & quoiqu'on ait égard à ce défaut, il est nombre de points sur sa surface où il se fait plus sensiblement remarquer. Cette bille d'ailleurs éprouve toujours un petit

Planche VI. frottement, en paffant par le trou *c*, & ce frottement la déroute plus ou moins de la verticale qu'elle devroit fuivre rigoureufement dans fa route. Ainfi il convient de répéter plufieurs fois cette expérience, & on doit être fatisfait fi fur trois elle réuffit une feule fois.

Il eft peu de principes en Phyfique, dont les applications foient plus étendues, & on ne peut trop réfléchir fur cet objet. Le jeu de paulme, celui du billard, &c. font fondés l'un & l'autre fur cette théorie, & un Joueur qui la mettroit bien en pratique, feroit fans contredit redoutable à fon adverfaire. On peut en voir une démonftration très-fimple & très-curieufe, par rapport au jeu de billard, dans les *Elémens de Géometrie de M. l'Abbé de la Chapelle.*

ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils néceffaires pour démontrer les obftacles à la perpétuité du mouvement.

UNE force imprimée à un mobile doit conftamment le mouvoir de la même maniere

Planche IV.

& à perpétuité : c'eſt une ſuite néceſſaire de ſon indifférence à toute modification quelconque : tant que cette force réſide dans ce mobile, elle doit conſtamment produire le même effet. Or, on obſerve que tout corps mis en mouvement par une force donnée, perd plus ou moins ſenſiblement de ſa vîteſſe & parvient en peu de temps au repos d'où on l'a tiré. Il exiſte donc dans la nature des obſtacles à la perpétuité du mouvement ; ces obſtacles ſont les différens milieux dans leſquels les corps ſe meuvent & les frottemens auxquels ils ſont aſſez communément expoſés. Nous allons indiquer les moyens de les apprécier & d'évaluer auſſi exactement qu'il eſt poſſible, les effets qu'ils produiſent.

Paragraphe Premier.

Des Appareils pour determiner la réſiſtance des milieux.

Pour évaluer comme il convient la réſiſtance des milieux, il faut conſidérer leur viſcoſité, leur denſité, la ſurface du mobile & la vîteſſe avec laquelle il ſe meut.

Plus un milieu eſt viſqueux, plus il réſiſte à ſa diviſion, & conſéquemment plus le mo-

Planche VI. bile consomme de sa force pour le diviser. S'il est plus dense il comprend plus de parties sous le même volume, & la résistance qu'il oppose devient proportionnellement plus grande, ce qu'on peut confirmer par l'appareil suivant.

Premier Appareil.

Appareil pour démontrer que la résistance croît comme la densité du milieu.

Fig. 5.

A B, (Pl. VI, fig. 5.), est une caisse de bois doublée de plomb, séparée en deux cavités par un diaphragme C D. Sur les deux côtés de cette caisse s'élevent deux supports traversés & réunis par une tige de métal E F, sur laquelle sont suspendus deux pendules de même longueur G H, I K, terminés par deux boules de métal.

Usage

De cet Appareil.

Si on éleve ces deux pendules à une même hauteur, les deux caisses étant seulement remplies d'air & qu'on les abandonne en même temps à eux-mêmes, la résistance du milieu étant la même pour l'un & pour l'autre, ils feront le même nombre de vibrations isochrones, en supposant toutefois qu'ils soient

également bien suspendus & qu'ils éprouvent le même frottement à leurs points de suspension. Planche VI.

Mais si on remplit d'eau l'une des cavités de la caisse, l'autre cavité restant remplie d'air, & qu'on répéte la même expérience, comme l'eau est environ huit cents fois plus dense que l'air, celui de ces pendules qui se mouvera dans l'air y éprouvera proportionnellement moins de résistance & y fera un plus grand nombre de vibrations, avant d'arriver au repos d'où on l'aura tiré.

Veut-on démontrer que la surface du mobile doit entrer en considération lorsqu'il s'agit d'estimer la résistance qui vient de la part du milieu ? l'appareil suivant est destiné à cet usage.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à estimer la résistance relative à la surface du mobile.

Fig. 6.

A & B, (Pl. VI, fig. *6.*), sont deux especes de moulinets de même poids & également mobiles sur leurs pivots, mais disposés de maniere que l'un A présente, au milieu qu'il divise, le tranchant de ses aîles, & l'autre B, le plan des siennes.

Sur l'axe de chacun de ces moulinets sont fixés deux crochets *a*, *b*, qu'on fait reposer

Planche VI. sur la tête du ressort C. On bande ce ressort en le retirant en arriere & en l'arrêtant sous une petite griffe *d*, fixée vers le haut de la tige du milieu E F.

USAGE

De cet Appareil.

LE ressort étant tendu & les deux moulinets dans la situation que nous venons d'indiquer, si on lâche le ressort, en baissant la cheville D qui se meut de haut en bas dans une coulisse, le ressort se détendra & frappera également, en se détendant, les deux crochets *a*, *b*. Il imprimera donc la même force aux deux mobiles, & les deux moulinets se mouveront avec la même vîtesse initiale. Mais comme ils sont inégalement soumis à la résistance du milieu, le moulinet B qui présente la face de ses aîles, aura perdu tout son mouvement, tandis que le moulinet A continuera encore à se mouvoir. La résistance du milieu augmente donc à raison de la surface que le mobile lui présente.

Comme il ne seroit guere possible de donner à une machine toute l'exactitude qu'elle doit avoir, pour démontrer que cette résis-

tance augmente encore lorſque le mobile ſe meut plus vîte, nous laiſſons au Phyſicien à développer cette théorie & à faire voir que cette réſiſtance croît directement comme le quarré de la vîteſſe augmente. C'eſt encore à la théorie qu'il eſt réſervé de conſidérer les différences qui peuvent ſurvenir à ces ſortes de réſiſtances, à raiſon des mouvemens différens dont les milieux peuvent être agités, & à raiſon de quantité de circonſtances que l'expérience ne peut indiquer que trop imparfaitement pour les faire entrer ici en conſidération. Nous en avons donné une idée ſuffiſante dans nos *Leçons de Phyſique expérimentale.* Planche VI.

PARAGRAPHE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer les effets des frottemens.

On diſtingue deux eſpeces de frottemens en général. On appelle *frottement de la premiere eſpece*, celui qui ſe fait entre deux ſurfaces qui gliſſent l'une ſur l'autre. On nomme *frottement de la ſeconde eſpece*, celui qui a lieu lorſqu'un corps roule ſur un autre.

Parmi les différens appareils qu'on a ima-

Planche VII.

ginés pour déterminer la grandeur des frottemens & pour en établir la théorie, il en est deux sur-tout qui méritent de trouver place dans le cabinet d'un Physicien.

PREMIER APPAREIL.

Appareil du D. *Desaguilliers.*

Fig. 1.

SUR une petite tablette AB, (Pl. VII, fig. 1.), sont élevés verticalement & retenus fortement avec des vis & des écrous, deux doubles montans P*p*, P*p*, entre lesquels sont suspendus, par des pivots assez fins, quatre rouleaux 1, 2, 3 & 4. Sur le haut des montans extérieurs sont taraudés deux écrous, dans lesquels on fait avancer ou reculer deux vis Q, Q. C est un cinquieme rouleau beaucoup plus grand & plus épais que les précédens, dont l'arbre D E se termine par deux pivots assez longs pour s'engager dans les trous des vis Q, Q, & pour reposer sur l'intersection des quatre rouleaux latéraux, lorsqu'on éloigne suffisamment les vis Q & Q.

Le rouleau C est mis en mouvement par un ressort spiral qui s'enveloppe sur lui-même & qui est attaché d'une part sur un canon arrêté par une vis de pression sur un des points de l'arbre DE. L'autre extrêmité du même ressort tient à la potence F. Lorsque ce res-

ſort ſe développe, après avoir été tendu, il entraîne avec lui le mouvement du rouleau C, qui fait alors des vibrations ſemblables à celles d'un balancier. Planche VII.

V, eſt un pilaſtre ſur le haut duquel ſe meut une petite baſcule *b*, laquelle étant engagée ſous l'un des croiſillons du rouleau C, l'empêche de céder à l'impreſſion du reſſort & de retourner ſur lui-même lorſqu'on a tendu ce reſſort, en faiſant tourner le rouleau C ſur ſon arbre & dans un ſens convenable à cet effet.

R, eſt un autre pilaſtre ſur le haut duquel ſe meuvent par une eſpece de charniere, deux tiges de métal de même poids & de mêmes dimenſions *c d*, *e f*. Ces deux tiges peuvent poſer enſemble ſur l'arbre D E, où on peut, à l'aide de la vis *g* qui traverſe la tige *e f*, empêcher que la premiere *c d* ne poſe ſur cet arbre. Il ſuffit pour cela de faire avancer la vis *g* de maniere qu'elle ſoutienne la tige *c d*. *h* & *i* ſont deux petits poids égaux en maſſe & deſtinés à être ſuſpendus au beſoin, aux extrêmités des deux tiges dont nous venons de parler.

Planche VII.

USAGE

De cet Appareil.

1°. ON peut démontrer aiſément avec cet appareil, que le frottement de la premiere eſpece nuit beaucoup plus au mouvement d'un corps que celui de la ſeconde.

Différence entre le frottement de la premiere eſpece & celui de la ſeconde.

Pour cet effet, on diſpoſe d'abord le grand rouleau C, de façon que ſes pivots ſoient engagés dans les trous des vis Q, Q. Dans ce cas, le frottement eſt de la premiere eſpece ; puiſque toute la ſurface des pivots frotte dans la circonférence des trous qui les reçoivent.

On bande alors le reſſort d'un certain nombre de tours,deux ſuffiſent pour rendre l'expérience bien ſenſible. Mais pour procéder avec exactitude, on engage la baſcule *b*, ſous l'un des croiſillons du rouleau C ; on fait tourner ce dernier ſur lui-même & on compte ſes révolutions par le paſſage des croiſillons ſur la baſcule.

Le reſſort étant tendu de deux tours, on retire la baſcule & on compte le nombre de vibrations que fait le rouleau C avant d'être réduit au repos.

On procéde de la même maniere pour la seconde expérience, avec cette différence qu'on recule les vis Q, Q, pour que les pivots de l'arbre D E portent sur l'intersection des quatre rouleaux latéraux. Dans ce cas, le frottement est de la seconde espece ; puisque le mouvement de l'arbre entraînant celui des rouleaux latéraux, les pivots frottent successivement sur différens points de leurs circonférences. On compte encore le nombre des vibrations du rouleau C, & on trouve que dans ce second cas, il en fait un bien plus grand nombre. Planche VII.

2°. Si on veut démontrer de quelle maniere l'étendue des surfaces frottantes influe sur la grandeur des frottemens, on remet les pivots dans les deux vis Q,Q; on bande encore le ressort de deux tours ; mais avant de lâcher la détente, on fait tomber les deux tiges de métal *c d* & *e f*, sur l'arbre D E, de façon cependant, qu'il n'y ait que la seule tige *e f* qui frotte, la tige *c d* étant portée sur la vis *g*. On lâche la bascule *b* & on compte le nombre de vibrations du rouleau C.

Différence des frottemens occasionnée par la différence des surfaces.

On répéte la même expérience après avoir retiré la vis *g* & disposé les deux tiges *cd* & *e f*, de maniere qu'elles frottent l'une & l'au-

Planche VII.

tre sur l'arbre D E. Dans ce cas, la charge de l'arbre est la même, mais la surface frottante est double. Or, malgré cette différence, on en observe très-peu dans le nombre des vibrations du rouleau C.

Cette expérience contredit tout-à-la fois & l'opinion de ceux qui prétendoient que le frottement augmentoit à raison des surfaces frottantes & l'opinion de ceux qui assuroient que la différence dans l'étendue de ces surfaces n'en apportoit aucune à la grandeur du frottement. On ne peut néanmoins disconvenir que cette derniere opinion ne soit fondée sur un raisonnement très-spécieux que le Physicien ne doit point ignorer. On le trouvera très-bien développé dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers*: il y paroît même confirmé par une expérience très-séduisante. Nous avons donc cru devoir indiquer l'appareil dont les Partisans de cette opinion font usage.

Appareil qui paroît prouver que l'étendue des surfaces frottanres n'influe point sur la grandeur des frottemens.

SECOND APPAREIL.

Fig. 2.

A B, (Pl. VII, fig. 2.), est une planche bien dressée de dix-huit pouces de longueur & de huit de largeur. D est une autre petite planche de six pouces de longueur, de quatre pouces

pouces de largeur & d'un pouce d'épaiſſeur, à l'un des petits côtés de laquelle on attache un fil de ſoie. *a* eſt une poulie qui roule ſur ſon axe : elle eſt montée de maniere que la queue *b c*, qui porte ſa châſſe, puiſſe s'élever ou s'abaiſſer à volonté dans une couliſſe *d*, attachée à l'un des petits côtés de la planche A B. Planche VII.

USAGE

De cet Appareil.

LA planche D étant placée ſur ſon épaiſſeur, vers l'extrêmité B de la planche A B, en fait paſſer le fil qui tient à la petite planche, ſur la poulie *a*, qu'on diſpoſe de maniere qu'il ſoit parallèle à la ſurface de la planche A B. On ſuſpend alors à l'extrêmité de ce fil un petit baſſin qu'on charge progreſſivement de poids, juſqu'à ce que la charge ſoit ſuffiſante pour entraîner la planche D & la faire mouvoir ſur la longueur de la planche A B.

Cette premiere épreuve faite, on reporte la planche D vers l'extrêmité B de la planche A B, mais on la poſe ſur la plus large de ſes ſurfaces. On deſcend la poulie *a*, pour remettre le fil dans une ſituation parallèle au

Planche VII.

plan A B, & on remarque, dit-on, que le même poids suffit pour entraîner la planche, quoiqu'elle frotte par une surface bien plus étendue.

Observation sur cette expérience.

Nous observerons 1°. que des surfaces de cette espece ne sont point propres à faire ces expériences avec l'exactitude qu'on doit y apporter; 2°. que quoique le même poids suffise pour entraîner la planche dans le second cas, elle se meut néanmoins un peu moins vîte que dans le premier, ce qui revient parfaitement à ce que nous avons fait observer avec la machine à rouleaux, lorsque nous avons comparé le frottement produit par la différence des surfaces.

Différence des frottemens occasionnée par la variété des charges.

Fig. 1.

3°. Pour déterminer de quelle maniere la charge des parties frottantes influe sur la grandeur des frottemens, on reprend la machine à rouleaux (fig. 1.); on la laisse dans la situation où elle étoit pour l'expérience rapportée (n°. 2.). On relève la tige frottante *e f*, pour ne laisser frotter que la tige *c d*. On attache à l'extrêmité de cette derniere l'un des petits poids *h* ou *i*; on bande le ressort de deux tours & on compte le nombre de vibrations.

On réitére la même expérience après avoir ramené sur l'axe la seconde tige *e f*, qu'on

charge pareillement du second poids. La charge devient alors double sur l'axe, & on observe, le ressort étant tendu de la même maniere, que le balancier C fait près d'un tiers moins de vibrations que dans le cas précédent; ce qui justifie assez l'usage où l'on est d'estimer le frottement dans les machines au tiers de la charge. Planche VII.

Quoique l'appareil du Docteur *Desaguilliers* soit suffisant pour déterminer les cas les plus généraux des frottemens, & qu'il ne soit pas même possible de se procurer des machines sur l'exactitude desquelles on puisse absolument compter, lorsqu'il s'agit d'établir & de confirmer par expérience, une théorie bien exacte en ce genre, nous ne pouvons trop recommander l'appareil du célébre *Mussenbroek*; il est nombre de cas particuliers sur lesquels il peut satisfaire davantage la curiosité du Physicien.

TROISIEME APPAREIL.

AB, (Pl. VII, fig. 3.), est un cylindre de bois de quatre pouces de diametre, dont l'axe DD est d'acier très-poli. Cet axe se termine sous deux diametres différens; le diametre CC est double ou triple du diame- Tribometre de Mussenbroek. Fig. 3.

Planche VII.

tre D D. On peut choisir tout autre rapport pour les dimensions de ces deux diametres; il suffit seulement qu'on connoisse ce rapport.

On a soin de se procurer des coussinets semi-circulaires & bien polis de différens métaux, de plusieurs bois & tous appropriés avec les deux diametres de cet arbre.

Chaque paire de coussinets s'enchâsse dans deux supports de bois F F, de la même maniere qu'on enclave les coussinets d'un tour en l'air, dans les poupées qui portent l'arbre de ce tour. Ces deux supports s'établissent solidement & à des distances convenables, sur un chassis E E, élevé sur quatre montans de vingt-cinq à vingt-six pouces de hauteur.

Les traverses qui portent ces supports sont creusées à jour sur leur épaisseur; c'est à travers ces rainures que passent deux queues à vis adhérantes à chacun des supports F F, & on les contient à la distance requise, par le moyen de quatre écrous qui les attachent aux traverses.

Sur un des points de la surface du cylindre A B, est attaché un ruban qui fait un tour ou deux sur le cylindre & à l'extrêmité duquel on suspend un bassin R; il est destiné à recevoir les poids nécessaires pour faire rou-

ler l'axe sur les coussins. P & Q, sont des poids qu'on varie de différentes manieres & qu'on suspend aux extrêmités d'une corde qui embrasse seulement le cylindre A B. Planche VII.

USAGE

De cet Appareil.

LA description que nous venons de donner de cet appareil suffit pour en indiquer l'usage. On juge ici de la grandeur des frottemens par la quantité de poids qu'on est obligé de mettre dans le bassin R pour faire rouler le cylindre, soit qu'il ne porte que son poids, qu'on doit connoître, sur les coussins dans lesquels il roule, soit qu'il soit chargé de différens poids, soit qu'il frotte sur le plus grand ou sur le plus petit diametre des points qui terminent son axe, soit qu'il frotte dans des coussins de même ou de différente matiere.

Ceux qui seront curieux de connoître toutes les expériences que *Mussenbroek* a faites sur cet important objet, & de comparer les résultats de leurs expériences à ceux de ce célebre Physicien, pourront consulter son Cours de Physique, derniere édition, Tome I, page 202.

Planche VII.

Article Cinquieme.

Des Appareils pour les expériences du mouvement refracté.

On sait que l'effort de la pesanteur, dont nous parlerons dans l'Article suivant, ramene tous les corps vers la surface de notre globe & change constamment la direction qu'on leur imprime parallélement ou obliquement à l'horison. Mais outre cet obstacle à la direction du mobile, qui n'a lieu que dans les deux circonstances que nous venons d'indiquer, il en existe un autre qui se fait remarquer constamment lorsqu'un mobile traverse obliquement des milieux de différente densité; l'altération qu'il occasionne dans le mouvement du mobile, ou mieux le changement qu'il apporte à sa direction, est connu sous le nom de *refraction*, ou de *mouvement refracté*, dont voici la loi générale par rapport à tous les corps qui changent obliquement de milieu, à l'exception de la lumiere, dont nous parlerons en particulier.

Loi générale de la refraction.

Tout corps qui se meut obliquement d'un milieu dans un autre, de différente densité,

se refracte en s'éloignant ou en s'approchant de la perpendiculaire. Il s'en approche lorsqu'il passe d'un milieu plus dense dans un milieu moins dense, ou mieux d'un milieu plus attirant dans un milieu moins attirant. Il s'en éloigne au contraire, lorsqu'il passe d'un milieu dont la force attractive est moindre, dans un autre dont la force attractive est supérieure.

Quoique cette loi, invariable dans la nature, soit plus susceptible d'être démontrée par le calcul que par l'expérience, qui ne répond pas toujours avec la plus grande exactitude à la théorie, nous indiquerons un appareil assez simple & assez commode en même temps, pour la constater autant qu'il est possible.

PREMIER APPAREIL.

SUR l'un des rayons d'un quart de cercle ABC, (Pl. VIII, fig. 1.), on établit & on fixe solidement le canon d'un fusil : il faut avoir soin sur-tout, d'établir cette machine assez solidement pour qu'elle ne puisse céder à l'effort de la poudre, qui tend à la faire reculer. On dispose, à trois ou quatre toises de distance, un grand vaisseau, une grande

Planche VIII.

Appareil pour juger de la refraction dans l'eau.

Fig. 1.

Planche VIII.

cuve de cinq pieds ou environ de longueur, qu'on remplit d'eau & ſur l'un des côtés de laquelle on adapte un robinet R, pour l'évacuer à volonté. On recouvre l'ouverture du vaiſſeau avec un chaſſis garni de papier : on éleve ſur le côté E D, un ſecond chaſſis F garni pareillement de papier. Ce dernier doit avoir un pied ou environ de largeur, ſur dix-huit à vingt pouces de hauteur, & il doit être mobile, de façon qu'il puiſſe s'approcher ou s'éloigner du côté G de la cuve. On a ſoin de garantir ce côté de l'impreſſion des balles, en y appliquant une planche très-épaiſſe & bien unie.

USAGE

De cet appareil.

LE canon étant chargé à l'ordinaire, on met une méche à l'œil de ce canon, & on tourne le quart de cercle de façon que l'inſtrument faſſe un angle donné avec l'horiſon. On allume la méche ; la poudre s'enflamme & la balle vient frapper la planche qui recouvre le côté G de la cuve. Elle fait en chemin deux trous I & K, qui ſont allignés au point A ; mais au lieu d'arriver en L, continuité de la ligne A K, elle arrive un peu

plus haut, supposons en H, & elle s'éloigne de la perpendiculaire P Q, tirée sur le point où elle rencontre le milieu réfringent. Planche VIII.

On s'assure de la refraction qu'elle éprouve, en traversant l'eau & conséquemment de l'inflexion de la ligne A K, en vuidant le réservoir & en plaçant l'œil au trou I; on voit aisément que le point H est sensiblement plus élevé que le point L, où cette balle eût frappé la planche si elle avoit suivi la même ligne droite A K.

Le Physicien doit exposer la cause de cette réfraction & calculer si on doit y avoir égard, comme plusieurs le prétendent, dans les cas où l'on veut atteindre un but placé dans une masse d'eau.

La refraction se change quelquefois en réflexion.

Une observation plus importante encore, & qu'on peut confirmer aisément avec la même machine, c'est que la réfraction se change quelquefois en réflection. Ce phénomene a lieu chaque fois qu'on tire trop obliquement à la surface de l'eau; on peut s'en assurer en disposant le canon de façon qu'il fasse un angle très-aigu avec la surface de l'eau; un angle de quatre à cinq degrés, par exemple. Dans ce cas, au lieu d'entrer dans l'eau & de s'y réfracter, la balle se réfléchit au

Planche VIII.

point *n*, & va frapper en S, une planche qu'on établit verticalement sur l'extrêmité opposée de la cuve.

La théorie de ce phénomene donne l'explication des ricochets, & fait en même temps connoître de quel danger sont menacés ceux qui se tiendroient imprudemment de l'autre côté de la riviere, sur laquelle on tireroit un peu trop obliquement, ou sous un angle très-aigu.

Si on veut confirmer par expérience que l'obliquité d'incidence est une des conditions indispensables pour que la réfraction ait lieu, on peut se servir de l'appareil suivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil pour démontrer que la réfraction ne peut avoir lieu sans l'obliquité d'incidence.

Fig. 2.

SUR une tablette CD (Pl. VIII, fig. 2.), qui se calle & se met de niveau par quatre vis V, V, V, V, qui la traversent, s'élevent deux consoles A A, B B, réunies vers le haut par une piece de bois E. Celle-ci est percée selon sa hauteur, d'un trou d'un pouce ou environ ; ce trou est garni d'un entonnoir de métal F, au-dessous duquel on remarque une petite plaque *a*, qui se meut horisontalement pour boucher & déboucher à volonté, l'ouverture inférieure de l'enton-

noir. G eſt un vaiſſeau de criſtal de dix pouces ou environ de hauteur, dont le fond eſt couvert de terre molle bien détrempée, juſqu'à la hauteur de deux à trois pouces. Planche VIII.

Usage

De cet Appareil.

La machine étant miſe de niveau & l'axe du vaiſſeau G répondant perpendiculairement à l'ouverture de l'entonnoir F, on met une balle de métal P dans cet entonnoir; on fait gliſſer la platine *a*, pour déboucher l'orifice; la balle tombe perpendiculairement dans le vaiſſeau G & fait une excavation dans la terre glaiſe. On enleve cette balle avec une pince, pour ne point déformer le chatton qu'elle vient de ſe creuſer. On remplit d'eau le vaiſſeau G & on réitére l'expérience. Quoiqu'elle paſſe, dans ce ſecond cas, de l'air dans l'eau, elle n'éprouve aucune réfraction & elle vient ſe loger dans le même chatton, ce qui prouve qu'un corps qui paſſe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, n'éprouve point de réfraction.

Planche VIII.

ARTICLE SIXIEME.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les effets de la gravité.

La gravité, la pesanteur, la force centripete, sont trois expressions synonimes ; elles désignent le même phénomene, cette tendance générale qu'on observe dans tous les corps vers un centre déterminé. Comme nous ne parlerons ici que des corps sublunaires qui appartiennent à notre globe, nous diviserons cet Art. en cinq §. Nous parlerons dans le premier, des appareils propres à démontrer que tous les corps sont soumis à l'action de la pesanteur ; qu'ils sont tous maîtrisés vers le centre de notre globe. Dans le second, de ceux dont on se sert pour démontrer qu'ils y sont tous également soumis, quoiqu'exposés à des variations plus ou moins manifestes, relativement à la latitude dans laquelle ils se trouvent. Nous traiterons dans le troisieme des appareils nécessaires pour constater les loix du mouvement accéléré & retardé. Dans le quatrieme, de ceux qui font connoître les effets de la combinaison de la

Division de cet Article.

pesanteur avec toute autre force. Dans le cinquieme enfin, de ceux qu'on a imaginé pour expliquer la cause de la pesanteur. Planche VIII.

Paragraphe Premier.

Des Appareils propres à démontrer que tous les corps sont soumis à l'action de la pesanteur.

Quoiqu'on soit revenu depuis long-temps des préjugés de l'ancienne Ecole, il est encore nombre de corps, tels que la fumée, la flamme, les vapeurs & quantité d'autres, dont la pesanteur spécifique est moindre que le fluide dans lequel ils nagent, ce qui peut faire naître quelque difficultés sur l'assertion présente. Il n'est donc pas hors de propos de faire observer & de confirmer par expérience, que ces corps ne sont rien moins que légers, quoiqu'ils paroissent fuir naturellement le centre des graves. Nous en excepterons ici le feu & la flamme, dont nous aurons occasion de parler en particulier.

Premier Appareil.

Appareil propre à démontrer que les vapeurs sont pésantes. Fig. 3.

AB, (Pl. VIII, fig. 3.), est un fleau de balance bien mobile, attaché à la potence

Planche VIII.

CD. On suspend à l'un des bras de ce fleau, une capsule de cristal F, plus large que profonde, remplie d'eau ou de tout autre fluide évaporable. On peut encore, pour plus grande commodité, poser simplement la capsule dans le bassin même de la balance, & placer dans le bassin opposé, un contre-poids P, suffisant pour établir l'équilibre.

USAGE

De cet Appareil.

On laisse cet appareil en situation, pendant l'espace de plusieurs heures : pendant ce temps le liquide compris dans la capsule F s'évapore & on voit le poids P devenir prépondérant à proportion de l'évaporation. Les vapeurs ne sont donc rien moins que légeres, puisque réunies à la masse qui les fournit, elles augmentent le poids de cette masse.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la pesanteur de la fumée.

Fig. 4.

Sur la platine P de la machine pneumatique, (Pl. VIII, fig. 4.), on établit un support de bois AB, sur lequel on pose un bougeoir C. On met dans ce bougeoir un morceau de bougie & mieux un bout de

chandelle dont la méche soit bien allumée. On recouvre le tout d'un long récipient EF, retréci par le haut. Planche VIII.

USAGE

De cet Appareil.

LES choses ainsi disposées, on fait agir la pompe : dès le premier coup de piston la lumiere s'affoiblit : si on continue, elle s'allonge, elle abandonne la méche & elle s'éteint. La fumée qui la suit & qui s'éleveroit jusqu'au haut du récipient, si elle étoit dépourvue de pesanteur, retombe sur la platine & fait voir que ce n'est point à raison de sa légereté qu'elle s'éleve ordinairement dans l'atmosphere.

PARAGRAPHE SECOND.

Appareil propre à démontrer que tous les corps sont également maîtrisés par la gravité.

IL ne faut point confondre le poids d'un corps avec sa pesanteur : le Physicien doit développer ces deux idées & faire observer que lorsqu'on dit en Physique, que tous les

Planche VIII.

corps sont également pesans, on entend seulement qu'ils ont tous la même tendance vers le centre des graves. L'appareil suivant le démontre d'une maniere très-satisfaisante.

Appareil.

Appareil pour démontrer que tous les corps sont également pesans.

Fig. 5.

A B, (Pl. VIII, fig. 5.), est un tube de cristal de trois à quatre pieds de longueur & de deux pouces ou environ de diametre. Il est bouché à ses deux extrêmités avec des viroles de cuivre qui y sont exactement mastiquées. La virole inférieure B, est percée d'un trou taraudé, propre à recevoir le robinet C, dont la vis doit être suffisamment grosse, pour que le trou de la virole permette qu'on introduise dans le tube, des corps d'un certain volume. Il faut avoir soin d'interposer un collier de cuir entre la vis du robinet & l'écrou, & généralement entre toutes les pieces qui se montent les unes sur les autres & dans lesquelles on veut faire le vuide.

J'introduis communément dans le tube, un morceau de papier & un morceau de plomb laminé, l'un & l'autre coupé circulairement & de quatre à cinq lignes de diametre. La base D du robinet, porte un écrou qui

qui se visse sur la tetine de la machine pneu-matique. Planche VIII.

Usage

De cet Appareil.

Si on renverse le tube à plusieurs reprises, lorsqu'il est encore rempli d'air, on observera que le morceau de plomb frappera le fond du tube lorsque le papier n'aura encore parcouru que les deux tiers ou environ de sa course, ce qui dépend de la longueur du tube & de la densité de l'air qui s'y trouve renfermé; mais si on applique ce tube sur la platine de la machine pneumatique & qu'on le vuide d'air aussi exactement qu'il est possible; on n'observera plus de différence sensible dans le temps de la chûte de ces deux corps; deux phénomenes importans à développer & qui donnent lieu de faire connoître l'erreur de nos Anciens sur la pesanteur. On trouvera à ce sujet, des expériences très-curieuses faites à Londres, si on consulte le *Cours de Physique expérimentale du D. Desaguilliers.*

Le Physicien ne doit point encore oublier de faire observer ici les variations auxquelles l'intensité de la pesanteur se trouve exposée dans les differens climats. Il doit faire remar-

Planche VIII.

quer que ſon intenſité diminue des poles à l'équateur; il doit calculer la progreſſion ſelon laquelle s'exécute cette diminution, rapporter l'hiſtoire de cette découverte, faite par M. *Richer*, en 1672; rappeller les conteſtations qu'elle excita, ce que pluſieurs Savans entreprirent pour terminer cette diſpute, comment cette vérité fut conſtatée, les conſéquences qu'on en tira relativement à la longueur des verges des pendules à ſecondes, deſtinés à être portés dans différentes latitudes, &c.

Paragraphe Troisieme.

Appareils propres à démontrer les loix du mouvement accéléré & du mouvement retardé.

Tout corps abandonné à lui-même devient alors ſoumis à l'action de la peſanteur, tombe & accélére ſa chûte en tombant. Mais un corps qui tombe peut ſe mouvoir perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon : il eſt donc important d'examiner les loix de la peſanteur dans ces deux circonſtances.

Quoiqu'on regarde la peſanteur comme une loi générale de la nature, rien n'empê-

che, pour en développer plus facilement les effets, de la considérer comme une force constante qui agit uniformément sur un corps, pendant tout le temps de sa chûte. Ses effets ou son action sur les corps qu'elle maîtrise, doit donc augmenter proportionnellement au temps pendant lequel elle se développe. D'où il suit qu'un corps qui se meut librement en vertu de sa pesanteur, doit accélérer son mouvement, & c'est une théorie des plus importantes en Physique.

Planche VIII.

Principes généraux pour démontrer les loix de la pesanteur.

On conçoit que si la pesanteur agit constamment & de la même maniere, pendant chaque instant consécutif de la chûte d'un corps, ce corps se meut en vertu de la force qu'il a reçue pendant la durée des instans précédens, & en vertu de celle qu'il reçoit pendant la durée de l'instant actuel pendant lequel il se meut encore. Il se meut donc en vertu de deux forces, dont l'une, celle qui est acquise, est regardée comme *uniforme*, & celle qu'il acquiert comme *accélératrice*.

Or, on démontre qu'une force uniforme produit un effet double de celui que produit, dans le même temps, une force accélératrice. D'où l'on conclud qu'un corps soumis, pendant plusieurs instans, à l'action de la pesan-

Planche VIII. teur, & qui se meut librement & perpendiculairement à l'horison, accélére son mouvement selon la progression des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c.

On démontre pareillement, d'après les mêmes principes, qu'un corps lancé de bas en haut avec une force donnée, parcourt des espaces qui vont en décroissant, selon la progression des nombres 9, 7, 5, 3, 1.

On démontre d'après une expérience faite par M. *Huyghens*, qu'un corps abandonné à lui-même, dans le climat de Paris, parcourt quinze pieds pendant la durée de la premiere seconde de sa chûte, & c'est d'après ces données, que le Physicien doit développer amplement, qu'il peut rendre raison de tous les phénomenes de la chûte des corps, & resoudre tous les problêmes qui ont rapport à cette théorie, plus susceptible d'être démontrée géométriquement que de toute autre maniere.

On peut considérer le mouvement d'un corps qui se meut obliquement à l'horison, comme celui d'un corps qui se meut sur un plan incliné. Or, il est facile de démontrer & de confirmer par expérience, qu'un corps qui se meut librement sur un plan incliné,

est soumis aux mêmes loix, quant à sa chûte, qu'un corps qui se meut librement & perpendiculairement à l'horison.

PREMIER APPAREIL.

AB & CD, (Pl. IX, fig. 1.), sont deux cordes de métal ou de boyaux tendues obliquement & formant un angle de vingt-deux degrés ou environ. Ces cordes éloignées l'une de l'autre à la distance de trois à quatre pouces, doivent avoir dix à douze pieds de longueur, pour que l'expérience soit suffisamment sensible. G est un poids qui glisse librement à l'aide d'une poulie qui embrasse la corde AB. Ce poids doit être monté de maniere que son centre de gravité se trouve sensiblement au-dessous de la corde, afin que la pointe qu'on remarque à sa partie supérieure, conserve la même situation.

Planche IX.

Appareil propre à démontrer l'accélération des graves.

Fig. 1.

H est un pendule qui se meut librement sur ses points de suspension A *a*, & dont la verge excéde un peu vers *f*. La longueur de ce pendule doit être telle, qu'il fasse exactement une vibration, tandis que le mobile G parcourt la neuvieme partie de la corde AB.

On place sur la longueur de la corde CD, un petit timbre K, mobile, & on le fixe où

Planche IX. l'on veut par une vis de preſſion. Ce timbre doit être frappé par un marteau que le poids G fait mouvoir en paſſant.

Le pendule H fait également ſonner un ſecond timbre I, dont le ſon eſt différent de celui du timbre K, & cet appareil doit être monté de façon que la queue *f* du pendule venant à ſe mouvoir, lâche une ſoie qui retient le poids G; d'où il ſuit que ce poids part au premier ſon du timbre I & qu'il arrive à la fin de la premiere diviſion, où il fait ſonner le timbre K, au moment où le pendule fait ſonner le timbre I pour la ſeconde fois.

USAGE

De cet Appareil.

LA corde AB étant diviſée en neuf parties égales, on diſpoſe le poids G à l'origine de la premiere diviſion, & on fixe le timbre K de maniere qu'il réponde ſur la corde parallele, à l'extrêmité de cette même diviſion. On fait partir le pendule & on examine avec attention ſi ſa longueur eſt telle qu'il convient pour que le ſecond coup du timbre I coincide avec le premier du timbre K; ce qui démontre que le poids G a parcouru ſon pre-

mier eſpace pendant la durée de la premiere vibration du pendule. Si cet effet n'eſt pas bien exact, on remonte ou on deſcend la lentille H, juſqu'à ce que la longueur du pendule ſoit arrivée à ſa juſte meſure. On remonte la lentille pour faire accélérer le pendule, & on la deſcend pour le faire retarder. Planche IX.

Lorſque le pendule eſt tel qu'il convient, on réitére l'expérience & on voit que le poids G arrive à la fin du premier eſpace pendant la durée de la premiere vibration. On reporte enſuite le timbre K vis-à-vis l'extrêmité inférieure du quatrieme eſpace : on réitére l'expérience, & le poids G arrive à la fin de ce quatrieme eſpace, lorſque le pendule a achevé ſa ſeconde vibration. On continue la même expérience, & le poids G a parcouru les neuf diviſions à la fin de la troiſieme vibration : d'où il ſuit que les eſpaces parcourus ſuivent la progreſſion des nombres impairs, 1, 3, 5, &c.

Un corps qui ſe meut ſur un plan incliné eſt donc également ſoumis à l'action de la peſanteur : mais on remarque cette difference, que ſon mouvement eſt rallenti par l'inclinaiſon du plan, d'une quantité proportionnée à cette inclinaiſon, & c'eſt une théorie que le

Planche IX.

Phyſicien ne peut trop étudier, & qu'il doit développer avec la plus grande exactitude.

Il peut, à l'aide de cette théorie, aſſigner avec préciſion l'eſpace qu'un mobile parcourroit ſur la longueur d'un plan incliné, dans le même temps qu'il tomberoit de la hauteur verticale de ce plan; ce qui le conduit à démontrer qu'un corps qui ſe meut librement ſelon la corde d'un cercle donné, emploie le même temps à parcourir la longueur de cette corde, qu'à tomber librement de toute la hauteur du diametre vertical de ce cercle. On peut même confirmer cette vérité avec l'appareil ſuivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à démontrer que les cordes d'un cercle ſont parcourues dans le même temps que le diametre.

Fig. 2.

A E B G, (Pl. IX, fig. 2.), eſt un cercle de trois à quatre pieds de diametre. Les extrêmités de l'un de ſes diametres A B, ſont percées de deux trous faits pour recevoir l'alidade B C, creuſée en forme de gouttiere, de ſept lignes de largeur ou environ. Cette alidade ſucceſſivement placée en A & en B, & tournant librement ſur ces deux points, peut meſurer toutes les cordes du cercle. On remarque en O, une eſpece de pince à reſſort qui s'ouvre en tirant le fil qui y eſt atta-

ché. On en voit une semblable sur l'alidade B C, mais cette derniere tient à une bride qui glisse sur l'alidade & qui se fixe à la hauteur qu'on desire, par une vis de pression E. Cette bride porte outre cela une queue faite en forme de coq : celle-ci embrasse la circonférence du cercle & sert à fixer l'alidade sur un des points de la circonférence, & à la contenir dans le degré d'obliquité qu'on veut lui donner. Planche IX.

USAGE

De cet Appareil.

L'ALIDADE B C étant placée au point B & fixée en E, on met une boule de métal de six lignes ou environ de diametre, sous la pince D : on en met une semblable en A, sous la pince correspondante. On attache un fil de communication au bouton de chacune de ces pinces & on dirige ce fil de maniere qu'en le tirant on fasse ouvrir en même temps les deux pinces. Les deux billes tombent ensemble & arrivent au même moment en B, où l'on peut placer, si on le juge à propos, une caisse pour les y recevoir. Elles parcourent donc en même temps, l'une le diametre vertical & l'autre une des cordes du même cercle.

Planche IX.

On peut réitérer la même expérience, en changeant l'inclinaiſon de l'alidade B C, & conſéquemment en lui faiſant repréſenter une toute autre corde du même cercle.

Cette importante théorie conduit naturellement à celle des oſcillations du pendule; dont nous ne donnerons ici qu'une légere idée, parce que cette matiere eſt peu ſuſceptible d'être traitée par experience. Elle doit donc être étudiée dans les Ouvrages des célebres Mathématiciens qui l'ont développée avec tout le ſoin qu'elle mérite. On peut conſulter à ce ſujet, *Deſaguilliers*, *Muſſenbroek*, *Sgraveſande*, *Huyghens*, *&c.*

On diſtingue les pendules en *ſimples* & en *compoſés*, quoiqu'à proprement parler, tout pendule ſoit néceſſairement compoſé. Nous laiſſons à ceux qui traiteront cette matiere, à faire connoître ce qu'on entend par ces deux eſpeces de pendules; ce qu'on appelle *oſcillations* ou *vibrations* dans un pendule; ce qu'on nomme *centre d'oſcillation*, *centre de mouvement*. Ce ſont autant de définitions qui doivent précéder l'expoſition des phénomenes dont nous allons donner un précis ſuffiſant & relatif au but de cet Ouvrage.

On peut, à l'aide de l'appareil que nous

venons de décrire (fig. 2.), en supposant cependant qu'on implante un style au centre du cercle & qu'on y suspende un fil, à l'extrêmité inférieure duquel on attache un poids tel que la bille M, on peut, dis-je, faire observer Planche IX. Fig. 2.

1°. Qu'un corps qui se meut autour d'un centre & qui décrit un arc de cercle, arrive un peu plus tard à l'extrêmité de cet arc que s'il tomboit en parcourant la corde de ce même arc.

2°. Que cette différence sera d'autant plus sensible qu'on fera décrire un plus grand arc à ce mobile.

3°. Que les oscillations d'un pendule d'une longueur un peu considérable & qui se font dans de très-petits arcs, ne différent pas sensiblement quant à leur durée, de celle de la chûte d'un corps par la corde de ces mêmes arcs.

4°. Que la différence dans le poids des pendules n'influe point sensiblement sur la durée de leurs vibrations.

5°. Que les vibrations d'un même pendule sont sensiblement isochrones, quoiqu'elles se fassent dans des arcs différens.

6°. Enfin que la longueur du pendule varie

Planche IX.

ſinguliérement le temps de ſes vibrations, & que ces vibrations conſidérées dans deux pendules, qui ne différent qu'en longueur, ſont entr'elles, quant à leur durée, en raiſon inverſe ou réciproque de la racine quarrée de leurs longueurs; c'eſt-à-dire, que ſi l'un des pendules eſt quatre fois plus court que l'autre, le plus court fera deux vibrations tandis que le plus long n'en fera qu'une.

La perfection du pendule ne répondit point aſſez bien à l'attente de *M. Huyghens*, pour que nous parlions ici de la *cycloïde* qu'il imagina d'y adapter. Nous laiſſons à celui qui voudra traiter cette matiere, le ſoin d'expoſer l'idée de ce Savant ſur l'application de cette courbe au pendule. Nous nous bornerons à indiquer un appareil très-ſimple & très-propre en même temps à démontrer les principales propriétés de cette courbe, dont la génération & le développement doivent être traités géométriquement.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer les propriétés de la cycloïde. Fig. 3.

SUR un plan A G, (Pl. IX, fig. 3.), on a creuſé la gouttiere C D, faiſant portion d'une cycloïde. On a appliqué à côté une ſeconde gouttiere A B, faiſant portion d'une

circonférence de cercle & une troiſieme E F, qui repréſente la corde de cet arc. Le tout eſt ſoutenu ſur la baſe T T. Planche IX.

USAGE

De cet Appareil.

On démontre, à l'aide de cet appareil, que ſi deux billes de métal ſont placées, l'une au haut de la corde E F & l'autre à l'origine de l'arc A B, & qu'on les abandonne en même temps à elles-mêmes, celle de ces deux billes qui parcourra la corde ſe mouvera plus vîte & arrivera plus promptement à la fin de ſa chûte F, ce qui confirme qu'un corps qui ſe meut & qui oſcille dans un arc de cercle d'une certaine étendue, ſe meut moins vîte que lorſqu'il parcourt la corde du même arc.

Si on replace ces deux billes, l'une dans la même gouttiere EF, & l'autre dans la gouttiere CD, creuſée en portion de cycloïde, ces deux billes abandonnées en même temps & de la même hauteur, arriveront enſemble au bas de leur gouttiere.

Elles arriveront encore en même temps, ſi l'une de ces billes tombe du haut de

Planche IX.

la gouttiere E F, & l'autre de tout point quelconque pris dans la gouttiere C D ; ce qui prouve qu'un pendule, qui se meut entre deux arcs de cycloïde, fait des vibrations de même durée, soit qu'il se meuve dans de grands ou dans de petits arcs, & ce fut la principale des raisons qui déterminerent *M. Huyghens* à adapter la cycloïde aux pendules. Mais comme l'arc d'un cercle comparé à une portion de cycloïde, se confondent sensiblement ensemble vers leurs extrêmités inférieures, deux billes placées vers le bas des gouttieres AB & CD, les parcoureront en même temps qu'une troisieme parcourroit une portion quelconque de la corde E F, propriétés importantes de la chûte des corps dans de petits arcs de cercle, & que le Physicien doit nécessairement faire observer. Aussi les savans Horlogers qui étudierent & qui découvrirent cette propriété, surent-ils en profiter pour regler aussi exactement le mouvement des pendules sans les faire osciller dans des arcs de cycloïde.

Ce seroit encore très-bien ici qu'il conviendroit d'exposer les inventions ingénieuses de MM. *Graham, le Roy*, & de plusieurs autres, pour conserver aux pendules

une longueur constante, nonobstant les dilatations & les allongemens auxquels les verges de ces pendules sont exposées, à proportion que la température de l'air augmente, ou qu'il survient de nouveaux degrés de chaleur. Planche IX.

PARAGRAPHE QUATRIEME.

Des Appareils propres à faire observer les effets de la combinaison de la pesanteur avec toute autre force.

NOUS avons fait observer précédemment, que tout corps soumis à l'action simultanée de plusieurs puissances, compose son mouvement de la direction de chacune de ces puissances & prend une direction moyenne entre celles que chacune de ces puissances tend à lui faire suivre. Or, tout corps qu'on lance parallélement ou obliquement à l'horison, se trouve nécessairement soumis à l'action de deux puissances; 1°. à l'action de la force projectile qui le dirige suivant une direction paralléle ou oblique à l'horison; 2°. à l'action de la pesanteur qui se fait sentir efficacement sur tous les corps qui ne sont point soutenus. Il doit donc composer son mouvement & prendre une direction moyenne entre les deux qu'il reçoit en même temps.

En faiſant ici abſtraction de toute réſiſtance poſſible, la force projectile eſt une force conſtante & uniforme qui produit des effets ſemblables en temps égaux, tandis que la peſanteur eſt une force accélératrice dont les effets vont en augmentant. Le mobile doit donc conſtamment ſe prêter davantage à cette derniere, à proportion qu'il y eſt plus long-temps ſoumis, & il doit en conſéquence décrire une ligne courbe qui mérite d'être examinée avec toute l'attention poſſible.

Tous les Phyſiciens ſont d'accord que, dans l'état préſent des choſes, nonobſtant les obſtacles qui s'y oppoſent, cette courbe doit être regardée comme une véritable *parabole*, dont nous abandonnons la théorie, que le Phyſicien ne doit point négliger, pour ne parler que de l'expérience qui confirme cette vérité.

Premier Appareil.

Planche X.

Appareil propre à démontrer la chûte parabolique des corps.

Fig. 1.

AB, (Pl. X, fig. 1.), eſt un plan de bois élevé ſur une tablette CD qu'on calle & qu'on met de niveau par le moyen de trois vis & d'un aplomb A *b*, placé ſur l'un des côtés de la machine. Sur l'épaiſſeur du plan AB, eſt creuſée une gouttiere circulaire AE de

de sept lignes de largeur. E F, est un second plan ajouté au premier, mais postérieurement & à la suite de la gouttiere, sur lequel on a tracé des espaces égaux *a c*, *cd*, *d e*, destinés à représenter les impressions uniformes de la force projectile. *af*, *c h*, *i K*, représentent celles de la pesanteur & conséquemment ils représentent des espaces qui vont en croissant comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. La diagonale *a* H, inclinée aux points *g*, *i*, doit être censée semblablement inclinée dans tous les points de sa longueur; puisqu'au lieu des quantités sensibles *a c*, *c d*, *de*, on eût pû prendre des quantités insensibles ou infiniment petites, pour représenter tous les instans infiniment petits, pendant lesquels le mobile se meut selon la direction *a e*. G est un anneau d'un pouce de diametre ou environ, disposé sur le plan E F, aux angles *g* ou *i*. On peut en mettre un semblable à chacun de ces points. H est un trou de même diametre, creusé sur la tablette C D à l'extrêmité de la courbe *a* H.

Planche X.

Planche X.

USAGE

De cet appareil.

LA machine étant exactement callée ou mise de niveau, on laisse tomber du haut de la gouttiere A E, une bille de cuivre ou de tout autre métal, de six lignes ou environ de diametre. Cette bille descend d'un mouvement accéléré, & s'échappant au point E, elle tend à se mouvoir selon la derniere impression qu'elle a reçue dans sa chûte. Elle tend donc à suivre la ligne *a e*, mais n'étant plus soutenue alors, elle obéit tout-à-la fois à l'impression de la force projectile qui l'anime, & à l'action de la pesanteur. Elle compose donc son mouvement des deux directions qu'elle reçoit, l'une représentée par *a c*, & l'autre par *a f*, & conséquemment elle suit la diagonale *a g*. La pesanteur tendant à lui faire parcourir, dans le second instant, un espace triple de celui qu'elle lui a fait parcourir pendant la durée du premier instant, elle compose son mouvement des directions *g h* & *g* L, & elle décrit la diagonale *g i*, à l'extrêmité de laquelle elle rencontre l'anneau G, par lequel elle passe : maitrisée alors

par les forces répréſentées par *i m* & *i K*, elle décrit la diagonale *i* H & elle vient ſe précipiter dans le trou H. Elle décrit donc la courbe parabolique tracée ſur le plan devant lequel elle ſe meut. Planche X.

On conçoit facilement que quelqu'exact que ſoit cet appareil, il ne faut pas eſpérer de voir conſtamment la bille décrire la parabole *a g i* H : le frottement qu'elle éprouve dans la gouttiere A E, & conſéquemment la maniere ſelon laquelle elle s'en échappe, la déroute ſouvent du chemin qu'elle devroit ſuivre.

Obſervation ſur cet Appareil.

Ce qu'on ne peut trop recommander dans la conſtruction de cette machine, c'eſt que la gouttiere ſoit bien unie & qu'on ait bien étudié la chûte de la bille dans le premier inſtant, avant de tracer le premier parallélogramme *a f g c*, d'où dépend eſſentiellement la direction de la diagonale *a g*, & conſéquemment la chûte totale de la bille.

Pour démontrer que les fluides, pareillement expoſés à l'action ſimultannée d'une force projectile & de la peſanteur, décrivent une parabole, on ſe ſert de l'appareil ſuivant.

Planche X.

Appareil propre à démontrer la chûte parabolique des liquides.

Fig. 2.

Second Appareil.

R S, (Pl. X, fig. 2.), eſt une caiſſe plus longue que large & bien unie intérieurement, ſur l'un des grands côtés de laquelle s'éleve un plan vertical blanchi. On trace ſur ce plan les portions paraboliques A E D, A L M, A I K. Sur l'un des petits côtés de cette caiſſe s'éleve un montant qui porte une eſpece de gouſſet P ; c'eſt ſur ce gouſſet qu'on établit ſolidement un tube cylindrique de verre B, de quinze à dix-huit lignes de diametre, & ſuffiſamment ſolide pour qu'on puiſſe le remplir de mercure. Ce tube eſt garni inférieurement d'une virole de métal T : cette virole porte un robinet dont la clef ſe termine par un ajutage A, qu'on peut tourner en toutes ſortes de ſens.

Usage

De cet Appareil.

On remplit de mercure le tube B, & on tourne d'abord l'ajutage A dans une poſition verticale. Le mercure n'obéit alors qu'à la peſanteur qui le ſollicite de haut en bas, mais dont la direction, changée par la poſition de l'ajutage, l'oblige à s'élever de bas

en haut, & il s'élance par une ligne verticale presque à la hauteur de son niveau, dans le réservoir. Planche X.

On dispose ensuite l'ajutage dans la direction horisontale A H : le mercure jaillissant par cette ouverture, devient à son issue, soumis à l'action de la pesanteur, & il décrit la parabole AED.

Si on tourne l'ajutage de façon qu'on lui fasse prendre la direction oblique AF ou AG, le mercure décrit alors la parabole AIK ou ALM.

D'où il suit que tout corps quelconque, solide ou liquide, soumis tout-à-la fois à l'action d'une force projectile & à celle de la pesanteur, décrit une parabole. C'est la courbe qu'affecte un boulet ou une bombe lorsqu'on pointe les pieces d'artillerie selon une direction paralléle ou oblique à l'horison. C'est une matiere qu'on ne peut trop étudier & qu'on trouvera très-clairement développée dans le *Traité d'artillerie de M. Leblond.* On y apprendra de quelle maniere, ou mieux sous quel angle, il convient de diriger les pieces pour atteindre sûrement le but qu'on se propose de frapper; & en général on y trouvera la solution de

Planche X. tous les problêmes relatifs à cette importante partie de la guerre.

Nous ne pouvons nous permettre d'entrer ici dans le détail de toutes les variations auxquelles l'action de la pesanteur peut être soumise par sa combinaison avec une force projectile donnée, & conséquemment de développer la nature & les propriétés de différentes courbes qui peuvent en résulter. Cette théorie, peu susceptible d'être démontrée par expérience, doit être particuliérement étudiée dans les Ouvrages des Mathématiciens. Ceux qui voudront se livrer à l'étude de l'astronomie & connoître parfaitement les mouvemens des corps célestes, qui ne dépendent tous que d'une multitude de combinaisons variées de ces deux forces, trouveront de quoi satisfaire leur curiosité dans l'excellent Ouvrage de M. *de Lalande.*

PARAGRAPHE CINQUIEME.

Des Appareils qu'on a imaginés pour expliquer la cause de la pesanteur.

IL n'est pas donné au Physicien de remonter & d'assigner la cause de ces phénomenes, que nous regardons comme l'effet

d'une loi générale de la nature, dont nous ne pouvons que calculer les effets, remarquer les différences relatives aux circonstances variées qui les modifient singuliérement; il ne doit point passer sous silence les différentes hypothéses auxquelles l'envie de tout expliquer, donna successivement naissance. Il pourra se satisfaire à cet égard en consultant un Ouvrage du Pere *Castel*, intitulé, *Traité de la pesanteur.* Nous ne parlerons ici que de l'hypothése de *Descartes*, comme plus ingénieuse, mieux fondée & plus séduisante que les autres. Planche X.

Bien persuadé que si plusieurs corps circulent dans un même espace d'où ils ne puissent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns, occasionnera la force centripete des autres, comme nous le démontrerons plus bas, ce célebre Physicien imagina que la chûte des corps sublunaires vers le centre de la terre, n'étoit que l'effet de l'excès de la force centrifuge du tourbillon de la terre; idée extrêmement ingénieuse & qu'il convient de mettre dans tout son jour, mais que nous nous contenterons de faire connoître par l'expérience que *Descartes* proposa pour la confirmer. Opinion de Descartes.

Planche X.
Appareil du globe de Descartes
Fig. 3.

PREMIER APPAREIL.

A, (Pl. X, fig. 3.), est un globe creux de cristal qu'on établit entre deux poupées CD, EF, sur les pivots desquelles il puisse tourner librement. Ce globe est mené par une roue B, dont la corde peut se bander plus ou moins, en faisant monter cette roue le long du pilastre FG. Celui-ci est creusé de deux rainures à jour dans lesquelles glisse le chassis de la roue qu'on arrête à la hauteur convenable, par les deux vis de pression qui saillent au-devant de ce pilastre.

USAGE

De cet Appareil.

ON remplit d'eau le globe A,& on introduit dans cette eau une goutte ou deux d'un autre liquide spécifiquement moins pesant : je me contente d'y laisser une bulle d'air qui y occupe un segment d'un pouce ou environ. L'air ne fait aucune tache sur les parois du globe, l'huile au contraire qu'on pourroit substituer à sa place & dont plusieurs Physiciens font usage, laisse une couche grasse sur ses parois & les ternit. On ferme le globe

avec une virole ou un bouchon à vis : on l'établit entre les poupées & on le fait tourner rapidement sur son axe. On voit la bulle d'air se diviser en plusieurs petits globules : ces globules se réapndent dans les différens cercles paralléles à l'équateur du globe & se précipitent tous aux centres particuliers de chacun de ces cercles pour se rassembler dans la longueur de l'axe du globe. Planche X.

L'excès de la force centrifuge de l'eau n'occasionne donc point ici la force centripete de la bulle d'air, puisqu'au lieu d'arriver au centre du globe & de s'y contenir, cet air se distribue sur toute la longueur de son axe. L'expérience que *Descartes* réclamoit en faveur de son opinion est donc bien éloignée de répondre aux vues de son Auteur, & c'est ce que M. *Huyghens* avoit prévu & démontré avant d'avoir consulté l'expérience.

Cette opinion étoit néanmoins trop ingénieuse & trop méchanique pour qu'on l'abandonnât aisément, aussi plusieurs célebres Physiciens tâcherent-ils de la modifier & de l'amener à un degré de perfection qui pût lui donner toute la vraisemblance qu'on peut désirer en pareilles circonstances.

Parmi toutes les modifications qu'on lui

Planche X. donna, il convient de distinguer celle de M. *Bulfinger*; c'est, sans contredit, la plus ingénieuse & la plus méchanique. Il attribue deux mouvemens au tourbillon de la terre, l'un qui l'entraîne du midi au septentrion & l'autre de l'est à l'ouest : or, en vertu de ces deux mouvemens, tout corps soumis à l'impression de l'excès de leur force centrifuge, doit nécessairement suivre une diagonale qui le dirige au centre de ce globe. Voici l'appareil destiné à représenter cet effet.

SECOND APPAREIL.

Appareil de Bulfinger. Fig. 4.

Le globe A, (Pl. X, fig. 4.), est entouré d'une espece de méridien de cuivre B C, dans lequel il se meut circulairement sur deux pivots B & C. Le méridien lui-même se meut sur deux autres pivots D & E, opposés à angles droits aux deux premiers. Le tout circule entre les deux poupées de la machine précédente. *a*, *b*, *d*, *c*, font quatre poulies embrassées par une corde de renvoi & disposées de maniere que la rotation du méridien entraîne nécessairement celle du globe.

Planche X.

USAGE
De cet Appareil.

On remplit encore d'eau le globe A, & on y introduit pareillement une bulle d'air. On le fait tourner sur le méridien BC; il participe alors au mouvement de ce méridien, mais tiré outre cela par la corde de renvoi, il se meut sur son axe particulier. Le globule d'air se trouve donc alors maîtrisé par deux forces opposées à angles droits, & conséquemment devroit, en suivant la diagonale des deux directions qu'elles tendent à lui imprimer, se porter directement au centre du globe A. Or, le résultat de l'expérience est encore le même que dans l'opération précédente.

Nous observerons cependant ici que cette machine ne répond point aux données de *Bulfinger* : que si le globe est entraîné par deux forces dont les directions font entre elles un angle droit, la masse d'eau qu'il contient ne décrit point réellement les deux cercles indiqués, mais une espece de courbe rentrante qui forme, à peu de chose près, un 8 de chiffre. Malgré le défaut d'exactitude qu'on reproche à juste titre à cette ma-

Observation sur l'appareil du Bulfinger.

Planche X.

chine, on conçoit que deux tourbillons de matiere fluide mûs en deux sens différens, ne peuvent subsister en même temps & d'une maniere permanente.

Idée plus exacte de la pesanteur.

L'idée la plus exacte qu'on puisse se former de la pesanteur, c'est de la regarder comme un phénomene qui suit de la loi générale d'attraction, ou mieux, qui n'est autre chose que l'effet de cette loi, & si cette derniere n'est pas strictement un effet de la volonté pure & simple du Créateur, comme tout nous porte à le croire, nous ne pouvons disconvenir que la cause physique de cette loi est encore bien éloignée de la foible portée de l'esprit humain.

Bornons-nous donc à examiner plus particuliérement les effets de la pesanteur générale : à suivre les loix constantes auxquelles tous les corps sont soumis à cet égard : à comparer les rapports de vîtesse qui les approchent du centre vers lequel ils tendent, relativement à la distance à laquelle ils en sont éloignés & aux autres circonstances qui modifient plus ou moins l'action de la pesanteur.

C'est particuliérement en étudiant les effets des distances qu'on est parvenu à démontrer

que les vîtesses avec lesquelles deux corps s'approchent d'un même centre, sont en raison réciproque, du quarré de leurs distances à ce centre, & cette théorie est on ne peut mieux établie, lorsqu'on considére la chûte des corps placés dans l'orbe de la lune, & qu'on la compare à celle de ceux qui sont placés vers la surface de notre globe. Nous avons suffisamment fait connoître & développé ce rapport dans nos *Leçons de Physique expérimentale.* Planche X.

ARTICLE SEPTIEME.

Des Appareils des forces centrifuges.

On démontre que tout corps qui se meut circulairement ou dans toute autre courbe quelconque, acquiert par sa rotation, une tendance à s'éloigner du centre de son mouvement, & qu'il s'en éloigneroit effectivement s'il ne trouvoit un obstacle qui s'oppose à cet effet. Cette tendance est connue en Physique sous le nom de *force centrifuge.*

Quoiqu'il soit important de considérer les effets de cette force dans toutes les courbes qu'un corps peut décrire, nous ne les con-

ſidérerons ici que dans les corps qui ſe meuvent circulairement, comme plus ſuſceptibles de ſe prêter, dans cette circonſtance, aux expériences que nous nous propoſons d'indiquer. Nous abandonnerons à ceux qui voudront embraſſer cette théorie ſelon une plus grande étendue, le ſoin de conſidérer cette même force dans toute autre courbe, d'expoſer l'obſtacle qui retient ces corps dans les orbes qu'ils décrivent & les modifications variées auxquelles ils ſont expoſés.

PREMIER APPAREIL.

Planche XI. Appareil propre à démontrer la force centrifuge. Fig. 1.

AB, (Pl. XI, fig. 1.), eſt une eſpece de godet de quatre à cinq pouces de profondeur, entouré vers le haut d'un cercle de métal, dans les deux oreilles *a* & *b*, duquel on paſſe une corde CD, pour en former une fronde. Il faut donner au cordon CD, toute la longueur qu'on peut lui laiſſer, pour qu'un homme puiſſe faire tourner cet appareil autour de ſa main ſans que le godet frappe le quarreau.

Planche XI.

USAGE

De cet Appareil.

LE godet AB étant rempli d'eau jusqu'au bord, on saisit avec la main l'extrêmité du cordon : on fait mouvoir ce vaisseau circulairement, comme on fait mouvoir une fronde & on lui imprime une vîtesse un peu rapide. On observe alors que quoique l'ouverture du vaisseau se trouve renversée perpendiculairement, chaque fois qu'il passe au zenith de celui qui le fait tourner, l'eau demeure constamment dedans sans qu'il s'en échappe une goutte. La force centrifuge qui tend à porter l'eau vers le fond du vaisseau, surpasse donc la force centripete qui tend à la faire tomber lorsque l'ouverture du vaisseau est renversée.

SECOND APPAREIL.

SUR l'un des angles d'une table triangulaire ABC, (Pl. XI, fig. 2.), dont les côtés ont vingt-huit à trente pouces de longueur, s'éleve un montant BD, sur la hauteur duquel on établit une roue R qui peut se mouvoir de bas en haut dans une coulisse, & qu'on fixe à

Machine des forces centrales.

Fig. 2.

Planche XI. une hauteur convenable par deux vis de pression *a*, *b*. Cette roue est embrassée par une corde qui se croise derriere & au bas du montant sur une poulie E à double gorge, afin que cette corde ne s'embarrasse pas. Elle passe de-là sur deux poulies de renvoi placées obliquement de chaque côté du montant BD, & au-dessous de la poulie E, d'où elle revient par deux ouvertures *c*, *d*, raser à deux pouces ou environ, la surface de la table pour embrasser deux grosses poulies F, G, sur lesquelles elle se croise. Ces deux poulies mobiles sur deux longs pivots qui leur servent d'axe, sont fixées aux angles A & C de la table. Il convient même de creuser plusieurs gorges sur l'épaisseur de ces poulies, & de connoître les rapports entre les diametres de ces gorges. Il faut avoir soin de marquer le centre de ces poulies pour le faire coincider avec celui de différentes pieces qui se montent dessus. A B, (Pl. XI, fig.
Fig. 3. 3.), est un portant de deux pieds de longueur, sur les deux extrêmités duquel s'élevent deux petits mentonnets AE, BF, de deux pouces de hauteur, traversés par un fil de métal *a b*, qu'on y retient & qui y est tendu par une vis *b*. Sur la longueur de ce fil sont en-

filées

filées deux billes d'ivoire C, D, de quinze à dix-huit lignes de diametre & de même poids. Il faut avoir soin que ce fil soit bien dressé & que les billes puissent glisser librement sur sa longueur. La tablette de ce portant doit être blanchie & divisée de part & d'autre, depuis son milieu, jusqu'à ses extrêmités en un certain nombre de parties égales, supposons en pouces. Planche XI.

Le portant AB, (Pl. XI, fig. 4.), est tout-à-fait semblable au précédent, avec cette seule différence que les billes C & D sont différentes en masse & d'une quantité connue. J'ai coutume de les prendre dans le rapport de 1 à 2. Fig. 4.

Sur le milieu du portant AB, (Pl. XI, fig. 5.), on voit un vaisseau C solidement établi: il est ouvert par le haut & sur deux points de ses côtés. On adapte à ces dernieres ouvertures & on y mastique solidement les deux tubes de verre DE, FG, renflés vers leurs extrêmités E & G. Ces deux tubes, posés dans une situation inclinée, sont encore retenus par deux anneaux à ressort *a b c*, qui embrassent les boules E & G. Ces ressorts sont attachés à vis en *c* sur les mentonnets du portant. Fig. 5.

Sur le portant AB, (Pl. XI, fig. 6.), on Fig. 6.

Planche XI. a aſſemblé deux plans de bois inclinés à l'horiſon, & ſur chacun deſquels on a creuſé deux rainures pour recevoir quatre tubes cylindriques de verre, retenus vers le milieu de ce portant par un morceau de bois, dans l'épaiſſeur duquel ils ſont implantés. Les deux tubes *cd*, *ef*, ſont remplis d'eau & renferment l'un une petite balle ou un cylindre de cuivre, l'autre une petite boule de liege. Les deux autres *gh* & *ik*, ſont remplis chacun de deux liqueurs de différente denſité ; l'un contient de l'eau & de l'huile de térébenthine, l'autre de l'huile de tartre & de l'eſprit-de-vin coloré ſur l'orſeil. Les rainures qui reçoivent ces tubes doivent être d'une couleur un peu tranchante, pour qu'on puiſſe diſtinguer aiſément ces liqueurs.

USAGE

De cet Appareil.

Fig. 3. 1°. On monte le portant AB, (fig. 3.) ſur l'une des poulies, ſuppoſons F de la machine décrite (fig. 2.), de maniere que le centre de ce portant réponde exactement au centre de la poulie. On éloigne également les billes C & D du centre de la rotation, & on tend ſuffiſamment la corde pour que

Fig. 2.

ſon mouvement puiſſe entraîner celui de la poulie & du portant. Lorſque la roue eſt en mouvement, on obſerve que les billes acquiérent, par leur rotation, une force centrifuge qui les éloigne du centre de leur mouvement, les fait gliſſer ſur la longueur du fil de métal qui leur ſert de rayon vecteur, & elles vont frapper les extrêmités correſpondantes du portant AB. Planche XI.

2°. Si on ſubſtitue à ce premier portant celui de la (fig. 5.), ayant ſoin de remplir d'eau ou de tout autre fluide, le vaiſſeau C, jusqu'à ce que la liqueur commence à ſe faire voir à l'origine des tubes qui tiennent à ce réſervoir; on obſerve que la force centrifuge entraîne cette maſſe de liqueur dans les deux boules E & G, & lui fait ſurmonter l'effort de la peſanteur, puiſqu'elle s'éleve alors au-deſſus du niveau de ſon réſervoir. Fig. 5.

Il ſuit de-là que tout corps qui circule, de quelque eſpece qu'il ſoit, ſolide ou liquide, acquiert, par cette circulation, une force centrifuge à laquelle il obéit lorſqu'il ne ſe trouve point d'obſtacle qui puiſſe la ſurmonter.

3°. Le portant AB, (fig. 4.), étant placé ſur la même machine, & les deux billes C & D étant Fig. 4.

Planche XI. unies entre elles par une soie un peu lâche dont on noue les deux bouts ; si ces billes sont placées à la même distance du centre du mouvement, la force centrifuge de la bille D, dont la masse est double, deviendra proportionnellement plus grande ; elle surmontera donc celle de la bille C & elle entraînera cette derniere avec elle. L'une & l'autre iront frapper l'extrêmité B du portant AB ; ce qui prouve que la force centrifuge augmente avec la masse du corps qui circule.

4°. Si on place la petite bille C à une distance beaucoup plus éloignée du centre du mouvement, & qu'on rapproche la bille D très-près de ce centre, la vîtesse de la petite sera proportionnellement plus grande que celle de la grosse bille, & malgré l'excès de masse de cette derniere, la force centrifuge de la Bille C deviendra supérieure à celle de la bille D. La petite entraînera donc la grosse & elles iront l'une & l'autre frapper l'extrêmité A du portant ; ce qui prouve que la vîtesse concourt à l'augmentation de la force centrifuge.

Il ne suffit pas de connoître ces principes, qui servent de base à la théorie de la force centrifuge ; il faut en connoître toutes les

modifications; examiner de quelle maniere la masse & la vîtesse entrent comme élémens dans le calcul de cette force. Nous en avons donné une idée assez précise dans nos *Leçons de Physique expérimentale.* Planche XI.

5°. Le dernier portant AB, (fig. 6.), placé sur l'une des poulies de la machine; sert à démontrer le principe sur lequel *Descartes* avoit établi sa théorie de la pésanteur. Il démontre que si plusieurs corps sont renfermés dans un même espace, d'où ils ne puissent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occasionnera la force centripete des autres. En faisant en effet mouvoir ce portant, on voit la bille de cuivre se porter vers le haut du tube & la boule de liége se précipiter au bas du sien. On remarque pareillement que l'huile de tartre gagne la partie supérieure du tube qui la renferme & qu'elle précipite au-dessous d'elle l'esprit-de-vin qui occupoit la partie supérieure du même tube, lorsque le portant étoit en repos. On voit enfin pour la même raison, l'eau monter vers la partie supérieure de son tube & l'huile de térébenthine portée vers le centre commun de la rotation de la machine. Fig. 6.

Planche XI.

SECTION QUATRIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les principes de la Statique.

Objet de cette Sect.

LA Statique traite de la connoiſſance des machines & des avantages qu'on peut en attendre. On diſtingue les machines en *ſimples* & en *compoſées*; les ſimples ſont le *levier*, la *balance*, la *poulie*, le *tour*, le *plan incliné*, la *vis* & le *coin* : les compoſées réſultent de la combinaiſon plus ou moins multipliée des précédentes.

On diſtingue dans une machine, la puiſſance, la réſiſtance, le point d'appui, la vîteſſe, la ligne de direction & le centre de gravité. Chacun de ces objets mérite l'attention du Phyſicien, mais particuliérement le centre de gravité, dont nous expoſerons, en peu de mots, les propriétés, avant de

Diviſion de cette Sect.

paſſer à la conſidération des machines. Nous diviſerons donc cette Section en dix Articles; le premier concernera les centres de gravité : les ſept ſuivans, les machines ſimples que nous venons d'indiquer : le neuvieme donnera une idée des machines compoſées, &

le dixieme traitera des cordes, dont l'application & la connoissance sont indispensables dans le service de la plûpart des machines. Planche XI.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les propriétés des centres de gravité.

LE centre de gravité d'un corps ou d'un systême de corps, est un point autour duquel toutes les parties de ce corps sont en équilibre. C'est dans ce point que se réunit l'effort de la pesanteur qui tend à porter le corps vers le centre des graves.

Dès que ce point cesse d'être soutenu; le corps obéit à la pesanteur qui le maîtrise ; il se précipite vers le centre de la terre. On a sçu profiter de différentes manieres de cette propriété pour la construction d'une multitude de machines, dans le détail desquelles nous ne pouvons nous permettre de descendre. Nous en ferons connoître quelques-unes; celles qui sont d'un plus fréquent usage en Physique.

La boussole, ou le *compas de mer*, doit à

Planche XI. cette propriété fa fituation conftante & parallèle à l'horifon. Sufpendue entre quatre pivots, placés au-deffus de fon centre de gravité, elle fuit tous les mouvemens du vaiffeau, fans que le plan fur lequel fon cadran eft tracé, fe dérange de fon parallélifme. Nous en donnerons la defcription à l'Article *aimant.*

L'odometre, qui fert à mefurer le chemin que fait une voiture dans un temps donné, eft un rouage dont le premier moteur eft un centre de gravité qui n'eft jamais foutenu; il tend donc conftamment à defcendre & il defcend effectivement, en parcourant le cercle que la voiture lui fait décrire. Nous ne pouvons donner ici qu'une légere idée de cette ingénieufe machine, mais on en comprendra aifément la conftruction par ce fimple expofé.

Premier Appareil.

L'odometre. Fig. 7. A, (Pl. XI, fig. 7.), eft un morceau de cuivre affez épais, d'une forme approchante de la triangulaire. Cette piece eft attachée & fixée au-deffus de fon centre de gravité à un arbre C, mobile fur fes pivots. Cet arbre

porte un pignon D, qui engraine dans les dents d'une premiere roue E. L'arbre de cette roue G, porte également un pignon M, qui engraine dans les dents d'une seconde roue semblable à la premiere. Le pignon de cette seconde en mene une troisieme & ainsi de suite : le nombre de ces roues n'est pas fixé. La machine dont je fais usage est composée de sept pignons & de sept roues. Planche XI.

Le rapport entre le nombre des aîles des pignons & celui des dents des roues, doit être le même dans ce systême de roues, & quoique ce rapport ne soit point déterminé, nous croyons qu'il ne peut être que très-bien & très-commode pour calculer les effets, en prenant le rapport de 1 à 4, c'est celui que nous avons choisi dans la construction de notre machine.

L'arbre de chaque roue traverse la platine antérieure K de la cage & porte une aiguille qui parcourt la circonférence d'un cadran correspondant, divisé en quatre parties égales, en supposant que le rouage soit dans le rapport indiqué. Ces divisions numérotées sur chaque cadran indiquent successivement le nombre de tours que fait le centre de gravité A.

Planche XI.

USAGE

De cet Appareil.

Fig. 8. LA cage de ce rouage étant fixée dans une boëte de métal, (fig. 8.), on attache cette boëte entre deux des rayons d'une roue de caroſſe, ayant eu ſoin auparavant de diſpoſer toutes les aiguilles de façon qu'elles répondent chacune au plus petit des quatre nombres gravés ſur leur cadran, & on fait marcher la voiture. Lorſqu'elle a parcouru un chemin donné, on l'arrête & on regarde laquelle de ces aiguilles s'eſt déplacée la derniere & le nombre auquel elle répond indique le nombre de tours que les roues de la voiture ont faits : or, chaque tour d'une roue de voiture ordinaire meſure dix-huit pieds ou trois toiſes de terrein dans ſa révolution ; ce qui ſuffit pour calculer & connoître le chemin que la voiture a fait.

SECOND APPAREIL.

Planche XII.

Double cône qui monte ſur un plan incliné.

Fig. 1. LES deux tablettes AC & BC, (Pl. XII, fig. 1.), ſont attachées en C par une charniere qui leur permet de s'écarter plus ou moins & de former un angle plus ou moins

aigu. Ces tablettes plus larges vers leurs extrémités A & B que vers C, forment un plan incliné, comme l'inspection de la figure l'indique. DE, est une masse de bois formant deux cônes réunis en F par leurs bases. Planche XII.

Usage

De cet Appareil.

On écarte les tablettes AC & BC, de façon que leur écartement en AB soit égal à la longueur de l'axe DE, du double cône DFE. On pose alors la base de ce cône vers le sommet C de l'angle ACB, formé par les deux tablettes. On l'abandonne à lui-même & on le voit monter, en roulant, jusqu'au haut des plans inclinés CA, CB. Or, on démontre que le centre de gravité de ce corps descend constamment entre ces tablettes, quoique la totalité du corps monte effectivement de toute la hauteur du plan incliné.

Troisieme Appareil.

Même effet avec un cylindre dont le centre de gravité est porté vers la circonférence.

Fig. 2.

AB, (Pl. XII, fig. 2.), est un plan incliné dont la longueur est de douze à quinze pouces, la hauteur de douze à quinze lignes & la largeur de quatre à cinq pouces. C est une

Planche XII. portion cylindrique de bois, de trois pouces de hauteur & dont la baſe eſt un cercle de ſix pouces de diametre. Vers la circonférence & dans toute la hauteur de ce cylindre, eſt enchâſſé un petit cylindre de plomb *a*, d'un pouce de groſſeur, pour éloigner le centre commun de gravité du centre de figure C, & le tranſporter vers un des points de la circonférence de cette machine.

USAGE

De cet Appareil.

LE cylindre C poſé par un des points de ſa circonférence ſur un plan horiſontal, ne peut s'y tenir en ſituation que dans deux poſitions ſeulement ; lorſqu'il eſt appuyé ſur ſon point *a*, ou ſur celui qui lui eſt diamétralement oppoſé : dans l'un & dans l'autre cas, ſon centre de gravité eſt ſoutenu, puiſque la perpendiculaire abaiſſée de ce centre paſſe par le plan ſur lequel le cylindre eſt porté. Ce même cylindre étant placé vers le bas du plan incliné AB, de façon que la perpendiculaire abaiſſée de ſon centre de gravité, tombe au-delà de l'appui de ce plan, on le voit entraîné par la chûte de ſon centre de

gravité, rouler & s'elever vers le haut du plan incliné. Planche XII.

Tels sont en géneral les principaux appareils dont les Physiciens font usage pour démontrer les effets du centre de gravité; mais il convient de traiter cette matiere d'une maniere plus étendue, d'étudier les positions variées que ce centre peut affecter dans différens corps, les effets de toutes ces positions & d'assigner les moyens qu'on a imaginés pour découvrir la situation de ce centre, dans un corps donné, ou dans un systême de corps.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer la théorie des leviers.

LE levier considéré dans son état de précision, est une ligne inflexible & san spesanteur, dans laquelle on distingue un point d'appui, une puissance & une résistance. On l'appelle *levier du premier genre*, lorsque le point d'appui est situé entre la puissance & la résistance. Il est du *second genre*, lorsque la résistance est établie entre le point d'appui & Division des leviers.

Planche XII.

la puiſſance. On le nomme enfin *levier du troiſieme genre*, lorſque la puiſſance eſt diſpoſée entre le point d'appui & la réſiſtance.

Loi générale d'équilibre.

De quelqu'eſpece que ſoit le levier, *il y aura toujours équilibre entre la puiſſance & la réſiſtance, lorſque leurs maſſes ſeront en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui.* Rien de plus fecond que cette théorie, que l'on peut démontrer géométriquement, métaphyſiquement & par expérience. La derniere eſt du reſſort de cet Ouvrage, & c'eſt celle que nous allons faire connoître.

PREMIER APPAREIL.

Appareil des leviers. Fig. 3.

AB, (Pl. XII, fig. 3.), eſt un grand chaſſis de cuivre de deux pieds de largeur & de quatorze pouces de hauteur, diviſé en quatre parties par une eſpece de croix CD, EF. Le croiſillon EF, porte une rainure à jour *ab*, qui regne dans toute ſa longueur juſqu'à deux pouces près de ſes extrêmités E & F. La portion CG du chaſſis eſt pareillement ouverte & préſente une rainure *cd*, dans laquelle gliſſe la poulie G, qu'on retient en place par une vis de preſſion adaptée poſtérieurement ſur la queue de ſa châſſe. La

portion inférieure DI du même chaſſis, porte Planche XII.
pareillement une rainure à jour *e f*, dans laquelle gliſſe une autre poulie H.

Ce chaſſis ſe calle & ſe met d'aplomb par quatre vis *pppp*, qui traverſent ſes pieds, & à l'aide d'un fil aplomb *gh*.

AB, (Pl. XII, fig. 4.), eſt une eſpece de coq qui gliſſe dans la rainure *ab*, (fig. 3.), & qui s'arrête par une vis de preſſion C, ſur tout point quelconque de cette rainure. Fig. 4. Fig. 3.

AB, (Pl. XII, fig. 5.), eſt une lame d'acier bien dreſſée & bien trempée, diviſée en quatre parties egales; elle fait l'office de levier. Elle gliſſe dans une chappe C, où elle eſt retenue par une vis de preſſion D & une lame à reſſort *ab*. Sur les deux côtés de cette chappe ſont adaptés, à angles droits, deux pivots taillés en forme de couteau. Ces pivots ſervent d'axe au levier & ſe placent ſur le coq AB, (fig. 4.), ſur lequel le levier roule & ſe met en équilibre. La forme qu'on donne à l'axe n'eſt point indifférente & mérite d'être conſidérée en particulier. On peut conſulter à cet égard, nos *Leçons de Phyſique expérimentale.* Fig. 5. Fig. 4.

Planche XII.

USAGE

De cet appareil.

Fig. 5. 1°. Le levier AB, (Pl. XII, fig. 5.), étant ſuſpendu par ſon milieu dans ſa châſſe C & placé ſur le coq AB, (fig. 4.), on fixe celui-ci ſur le milieu de la rainure *a b*, (fig. 3.), dans le chaſſis A B. On ſuſpend alors aux extrêmités du levier des poids égaux & ils ſont en équilibre entre eux.

Fig. 4.

Fig. 3.

2°. Le levier étant fixé dans ſa chappe à ſa premiere diviſion, ſon bras B 1 eſt trois fois plus long que le bras A 1 : on commence par mettre le levier en équilibre avec lui-même, à l'aide d'un poids approprié à cet effet qu'on ſuſpend à l'extrêmité A de ce levier, (fig. 5.), on porte la châſſe C vers l'extrêmité E de la rainure *ab*, (fig. 3.), & on voit qu'une maſſe comme 1, ſuſpendue à l'extrêmité B de ce levier, fait équilibre à une maſſe comme 3, ſuſpendue à ſon extrêmité A. Le levier eſt encore du premier genre & les maſſes ſont encore, comme dans le premier cas, en raiſon réciproque de leurs diſtances au point d'appui C.

Fig. 5.

Fig. 3.

3°. Les choſes reſtant dans le même état, la

la chappe C étant toujours placée à la premiere division du levier AB, (fig. 5.), & le contre-poids demeurant suspendu en A, on attache une soie à l'extrêmité B de ce levier : on fait passer cette soie sur la circonférence de la poulie G, (fig. 3.), pour changer la direction du poids qui doit être suspendu à l'extrêmité de cette soie, & le faire agir de bas en haut contre le levier, tandis que les poids placés sur la longueur 1 B, le sollicitent à se mouvoir de haut en bas. Planche XII. Fig. 5. Fig. 3.

Si on regarde le poids suspendu à l'extrêmité du cordon de soie comme faisant l'office de puissance, le levier deviendra du second genre, & on aura équilibre lorsque les masses seront en raison réciproque de leurs distances à l'axe. Une masse comme 3 suspendue à la (2) division sera en équilibre avec une masse comme 1, suspendue à l'extrêmité de la soie ; parce que la distance de cette derniere à l'axe, sera trois fois plus grande que celle de la premiere masse. Pareillement une masse comme 3, suspendue à la (3) division, sera en équilibre avec une masse comme 2, suspendue à l'extrêmité de la même soie ; parce que le rapport de la

Planche XII. diftance à l'axe fera encore réciproque à celui des maffes.

Ces expériences confirmeront la même théorie pour le levier du troifieme genre, fi on regarde le poids qui fait l'office de puiffance, dans le cas précédent, comme la réfiftance, & fi on donne le nom de puiffance à celui qui repréfentoit la réfiftance.

En réfléchiffant fur ces phénomenes, on ne peut s'empêcher d'obferver que tout l'avantage du levier du troifieme genre tourne au profit de la réfiftance. Comment l'Auteur de la nature a-t-il donc pû préférer cette efpece de levier dans la difpofition des mufcles du corps des animaux ? C'eft une queftion très-importante & très-curieufe à traiter : elle fournit occafion d'expliquer une des plus belles fonctions de l'économie animale, *l'action mufculaire.* Nous avons fatisfait à cette queftion & nous avons développé cette fonction d'une maniere affez étendue dans le premier volume de nos *Leçons fur l'Economie animale.*

La théorie des leviers conduit à la folution de plufieurs problêmes plus curieux les uns que les autres. On explique, par exemple, très-facilement de quelle maniere il con-

vient de distribuer la vollée d'un carrosse lorsque les chevaux sont de forces inégales, ce qui peut devenir très-important en quantité de circonstances. On démontre avec la même facilité, ce que deux hommes porteroient d'un fardeau suspendu sur la longueur d'un bâton dont ils soutiendroient les extrêmités, &c.

Planche XII.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la charge de deux puissances qui soutiendroient un fardeau appliqué sur la longueur d'un levier. Fig. 6.

A, B, (Pl. XII, fig. 6.), sont deux poulies fixes, montées dans deux châsses soutenues sur deux colonnes AC & BD. Ces colonnes peuvent s'approcher ou s'éloigner l'une de l'autre, en glissant dans les rainures *c*, *d* de la tablette T V, sur laquelle elles sont fixées & retenues en situation par deux vis de pression placées au-dessous de cette tablette.

ab, est un levier d'acier suspendu par ses extrêmités à des cordons de soie qui embrassent la circonférence des poulies A & B. *p*,*p*, sont deux petits poids sous-doubles chacun du poids du levier *ab*, & destinés à le tenir en équilibre lorsqu'il est suspendu. R, est un fardeau donné attaché à un cordon qui embrasse & qui glisse sur la longueur du levier *ab*.

Planche XII.

USAGE

De cet Appareil.

1°. Le levier *ab* étant ſuſpendu & tenu en équilibre par les contre-poids *p,p*, on place le fardeau R ſur le milieu de ce levier & on le retient en équilibre avec quatre maſſes P,P, P, P, qui ſont chacune égale au quart du poids du fardeau R, deux de chaque côté: d'où l'on conclud que lorſque deux puiſſances ſont à la même diſtance du fardeau, elles en ſoutiennent chacune la moitié.

2°. On approche le fardeau R plus près de l'une des extrêmités du levier *ab*, ſuppoſons
Fig. 7. qu'on le place au point C, (fig. 7.), de façon que C*b* ſoit triple de C*a*. Dans ce cas, l'équilibre ſe rompt en faveur de la puiſſance appliquée à l'extrêmité *b*; mais on le rétablit en ſuſpendant au fil qui ſoutient l'extrêmité *a*, un poids triple P,P,P, de celui qui eſt attaché au fil qui tient à l'extrêmité *b*; & de façon que la ſomme des quatre poids ſoit égale au poids du fardeau R, ce qui répond parfaitement à la théorie du levier.

On démontre facilement l'application de cette théorie, en conſidérant le levier *ab*

comme un double levier du second genre, & en prenant successivement les extrêmités *a* & *b*, comme faisant l'office de point d'appui.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés de la balance.

LA balance est de deux especes, *ordinaire* ou *romaine* : l'une & l'autre est un véritable levier du premier genre ; elles ne différent entre elles que par la position de l'axe ou du point d'appui. Il est également éloigné des deux extrêmités dans la balance ordinaire, & plus près de l'une que de l'autre dans la romaine.

PREMIER APPAREIL.

LE levier AB, (Pl. XIII, fig. 1.), se nomme *le fleau de la balance* ; c'est un levier d'acier trempé & bien dressé, au milieu duquel on remarque l'axe C, taillé en forme de couteau & fixé perpendiculairement à égale distance des points de suspension A & B.

Planche XIII.
Balance ordinaire.
Fig. 2.

Planche XIII.

Cet axe roule dans les yeux de la châsse HI, suspendue en G à un point fixe. Ces yeux doivent être faits d'une matiere très-dure qui puisse résister au tranchant de l'axe, & c'est une observation qui mérite d'être saisie. Le fleau est surmonté d'une pointe qu'on appelle *aiguille*, & dont l'extrêmité *a* doit coincider avec la pointe *b* de la châsse, lorsque la balance est dans une situation horisontale. On ménage communément au-dessous du fleau, une petite masse d'acier pour contrebalancer le poids de l'aiguille. Il seroit beaucoup plus exact de substituer à sa place un poids ajusté sous ce fleau; il contrebalanceroit plus exactement le poids de l'aiguille, lorsque la balance trébuche d'un côté ou de l'autre.

Aux points de suspension A & B, qui doivent être également taillés en forme de couteau, sont suspendus à deux anneaux ou à deux crochets arrondis sur leur circonférence, les bassins E & F, qui sont de même poids.

USAGE

De cet Appareil.

CETTE machine sert à indiquer le poids des corps qu'on place dans l'un des bassins:

on le compare à celui de certains poids qu'on met dans le bassin opposé, & dont la valeur est de pure convention, mais déterminée & connue.

Planche XIII.

L'exactitude de cette machine dépend de plusieurs conditions; 1°, la balance doit être très-mobile; 2°, le centre de gravité du fleau doit être un peu au-dessous, mais très-peu éloigné du centre du mouvement; 3°, les bassins doivent être eux-mêmes très-mobiles sur leurs points de suspension. On doit s'attacher à développer ces conditions, elles sont de la derniere importance pour la perfection de cet appareil. La premiere se saisit trop facilement pour insister dessus; on peut démontrer les deux suivantes avec les appareils que voici.

SECOND APPAREIL.

Appareil pour démontrer que le centre du mouvement doit être peu éloigné de celui de gravit

Fig. 2.

ABC, (Pl. XIII, fig. 2.), est une espece de fleau suspendu dans sa châsse, à une distance très-marquée au-dessus de son centre de gravité *a.*

Planche XIII.

USAGE

De cet Appareil.

Si on vient à faire trébucher l'un des bras de ce fleau, ſuppoſons le bras BC, ſon centre de gravité *a* s'élevera dans l'arc *ab* & retombera par un mouvement accéleré qui l'emmenera en ſens contraire & qui le fera oſciller comme un pendule, pendant un temps d'une durée aſſez conſidérable. La balance n'aura donc point cette préciſion qu'on cherche dans ces ſortes d'inſtrumens.

Si les deux centres de gravité & de mouvement étoient confondus, le fleau ſe tiendroit en équilibre dans toutes les poſitions inclinées qu'on pourroit lui faire prendre. Mais on conçoit en même temps que pour peu que l'un des bras devint prépondérant, la balance trébucheroit tout d'un coup ſans revenir ſur elle-même, & qu'il feroit très-difficile d'atteindre au point d'équilibre. Son extrême mobilité, qu'on regarde comme une perfection dans la théorie de cette machine, deviendroit un inconvénient dans la pratique. On eſt donc obligé de gâter un peu ces ſortes d'inſtrumens pour en rendre le ſervice

plus commode, & c'est la raison pour laquelle on dispose le centre du mouvement un peu au-dessus du centre de gravité. Mais comme cette correction est une imperfection réelle, il n'en faut user que sobrement & n'éloigner ces deux centres que le moins qu'il est possible. Planche XIII.

TROISIEME APPAREIL.

AB, (Pl. XIII, fig. 3.), est un fleau de balance fort mobile dans sa châsse; à l'extrémité de l'un de ses bras, supposons CA, on suspend librement un bassin, tandis que le poids R, fait en forme de parallélipipéde, se place, par le moyen d'une coulisse, en-dessus ou en-dessous de son bras CB.

Appareil qui démontre que les bassins doivent être suspendus librement. Fig. 3.

USAGE

De cet Appareil.

LE poids R étant placé au-dessus du fleau, on met dans le bassin opposé un contre-poids suffisant pour faire équilibre au poids R, lorsque le fleau est dans une situation horisontale; les masses sont alors égales & à égales distances de l'axe ou du point d'appui: mais pour peu qu'on fasse trébucher cette balance, l'équilibre sera rompu en faveur du

Planche XIII.

poids R ou du contre-poids. Ce dernier deviendra prépondérant, si on fait baisser le bras CA ; le poids R le deviendra au contraire, si on incline le bras CB.

Mais si le poids R étoit attaché au-dessous du bras C B, comme il est indiqué par la ponctuation, le contraire arriveroit. Le poids R seroit prépondérant lorsque le bras CA seroit baissé, & il paroîtroit plus léger chaque fois que le bras CB se trouveroit au-dessous de sa situation horisontale.

On démontre géométriquement cette vérité, & on fait voir que dans tous ces cas, la position du centre de gravité du poids fixe R, varie dans sa distance au point d'appui ; ce qui occasionne les différences que nous venons d'indiquer. On peut consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale*, où nous avons donné la raison de ces différens phénomenes.

On doit conclure de cette expérience, que si un homme, supposons un Moissonneur, veut enlever une gerbe & qu'il passe sa fourche dans le lien de cette gerbe, de façon qu'elle soit placée au-dessous des fourchettons, il fatiguera davantage que s'il la saisissoit en sens contraire, de maniere que la

gerbe reposât sur les fourchettons de l'instrument. Mais nous abandonnons ces observations à celui qui voudra traiter cette matiere avec toute l'étendue qu'elle mérite. Planche XIII.

Quatrieme Appareil.

ACB, (Pl. XIII, fig. 4.), est un fleau de balance dont l'axe étant en C, le bras CA est incomparablement plus long que le bras CB. On suspend en E & librement le bassin P, ou on se contente d'un simple crochet auquel on attache les corps qu'on veut peser. Le bras CA doit être divisé en un certain nombre de parties qui servent à indiquer la valeur relative du poids *p* placé sur chacune de ces divisions.

Balance romaine. Fig. 4.

Usage.

De cet Appareil.

On conçoit facilement, par ce que nous avons fait observer précédemment sur les leviers, quel peut être l'usage de cet instrument. On voit manifestement que le poids *p* étant donné, il peut contrebalancer des masses différentes placées dans le bassin P ou suspendues au crochet E.

Planche XIII. Cette efpece de balance peut pefer des maffes beaucoup plus confidérables que celles qu'on pefe dans une balance ordinaire, & elle a cet avantage que fa mobilité en eft moins altérée. On conçoit effectivement qu'à proportion que les baffins d'une balance font plus chargés, l'axe en devient moins mobile, puifque fon frottement augmente dans les yeux de la châffe. Or, l'axe d'une balance romaine eft néceffairement moins chargé, toutes chofes égales d'ailleurs, que celui d'une balance ordinaire, puifqu'il ne porte que la fomme des poids abfolus & non celle des poids relatifs qui fe font équilibre. C'eft une théorie que le Phyficien doit développer avec foin & qu'on peut démontrer avec l'appareil fuivant.

Cinquieme Appareil.

Appareil qui démontre que l'axe d'une romaine n'eft chargé que de la fomme des poids abfolus. Planche XII. Fig. 8. Fig. 6.

a b, (Pl. XII, fig. 8.), eft un levier dont nous avons déja fait ufage, & qu'on fufpend à des cordons qui paffent fur les circonférences des poulies A, B, (fig. 6.); on ajoute ici le fecond levier *c d*, qu'on pofe fur le milieu C du précédent; celui-ci repréfente l'axe d'une balance romaine. Le levier *c d* eft pofé de maniere que l'un de fes bras C *c*, eft trois

fois plus long que le bras C*d*; & il est en équilibre avec lui-même par le contre-poids *q* suspendu en *d*. Les poids *p*, *p* attachés aux extrêmités des cordons qui embrassent les poulies, doivent être suffisans pour contrebalancer les deux leviers *ab*, *cd* & le contre-poids *q*. Planche XIII.

USAGE

De cet Appareil.

Un poids R, de trois onces appliqué à l'extrêmité *c* du levier *cd*, sera en équilibre avec un autre poids Q, de neuf onces, suspendu à l'extrêmité *d* du même levier; puisque ces masses seront entre elles en raison réciproque de leurs distances au point d'appui C. La somme des forces relatives sera donc égale à 18, mais la somme des forces absolues n'équivaudra qu'à 12, somme des masses 3 & 9, appliquées aux extrêmités *c*, *d*. Or, deux poids P, P, de six onces chacun, suspendus au-dessous des contre-poids *p*,*p*, tiendront le tout en équilibre & démontreront que le point d'appui C, ou l'axe n'est chargé que de la somme des poids absolus.

Nous abandonnons ici la solution de plusieurs problêmes plus curieux les uns que les

Planche XIII.

autres, concernant l'usage des balances, tels, par exemple, que d'indiquer le moyen de se garantir d'une balance frauduleuse ; de faire avec une balance & des poids convenables, toutes les opérations de l'arithmétique. Ce dernier problême originairement proposé par M. *de Cassini*, auquel nous devons la construction d'une balance destinée à cet effet, se trouve exposé & résolu d'une maniere très-simple & très-satisfaisante, dans les *Elémens de Physique de Sgravesande.* Tous les Méchaniciens ont traité du premier.

Nous ne croyons pas devoir passer ici sous silence la construction de la balance de *Roberval*, elle donne la solution d'un paradoxe singulier que tout le monde doit connoître.

SIXIEME APPAREIL.

Balance de Roberval. Fig. 5.

AB, (Pl. XIII, fig. 5.) doit être considéré comme le fleau de cette balance, mobile au point C : à ses extrêmités A & B, sont adaptées des regles de métal AD, BE, mobiles sur leurs pivots & paralléles entre elles.

Pour conserver ce parallélisme, on les unit inférieurement par une autre lame de métal DE, qui se meut également aux points D &

E, ainſi qu'au point *r* où elle eſt unie à la tige qui porte le fleau. F & G, ſont deux petits leviers fixement attachés vers le milieu des regles AD & BE. Planche XIII.

Usage

De cet Appareil.

Des poids de même maſſe ſuſpendus en *a* & *d* aux leviers F & G ſont en équilibre; ils y ſont encore entre eux, ſi l'un demeurant ſuſpendu en *a*, l'autre eſt tranſporté en *e*. En général, ces poids demeurent en équilibre ſur quelque point des leviers F & G qu'ils ſoient appliqués : or, quoique cette expérience paroiſſe contredire la théorie précédente, on démontre que, dans toute circonſtance, l'action des poids ſe porte ſur les points A & B du fleau AB, & conſéquemment à des diſtances véritablement égales du point d'appui C.



Planche XIII.

Article Quatrieme.

Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés des poulies.

On diſtingue la poulie en *ſimple* & en *compoſée*; nous diviſerons donc cet Article en deux Paragraphes.

Paragraphe Premier.

Appareils des poulies ſimples.

La poulie ſimple eſt un plan circulaire qui repréſente une ſuite de leviers du premier genre qui ſe ſuccédent & dont les bras étant également longs, exigent, dans le cas d'équilibre, que les maſſes qui agiſſent les unes contre les autres, ſoient égales. Le Phyſicien doit expliquer ici les avantages qu'on peut attendre d'une poulie de cette eſpece. On démontre avec l'appareil ſuivant qu'on doit la regarder comme un aſſemblage de leviers du premier genre.

Premier

Planche XIII.

PREMIER APPAREIL.

Appareil qui démontre que la poulie simple est une suite de leviers du premier genre. Fig. 6.

AB, *ab*, (Pl. XIII, fig. 6.), sont deux poulies simples fixées sur le même arbre C, dont les diametres sont entre eux dans un rapport connu; supposons dans le rapport de 3 à 1. Sur un des points de la circonférence de chacune de ces poulies en *d*, par exemple, & en *e*, sont attachés fixement deux cordons qui embrassent en sens contraire leur demie circonférence.

USAGE

De cet Appareil.

UN poids P d'une once, suspendu à l'extrémité du cordon qui enveloppe la grande poulie, tient en équilibre un poids R de trois onces, ou trois poids R, R, R, d'une once chacun suspendus à celui qui embrasse la demie circonférence de la petite. Les masses sont donc ici en équilibre comme dans les leviers, lorsqu'elles sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui.

On démontre encore que eu égard à la disposition des leviers dans la poulie, il est indifférent que la corde, qui l'embrasse, enve-

Planche XIII.

loppe une portion plus ou moins étendue de ſa circonférence.

SECOND APPAREIL.

Appareil qui démontre qu'il eſt indifférent que la corde embraſſe une portion plus ou moins étendue de la poulie. Fig. 7.

A, (Pl. XIII, fig. 7.), eſt une poulie à jour, dont la circonférence eſt ſoutenue par quatre ou ſix croiſillons. Cette poulie eſt fixée dans une châſſe établie ſur un pilier AB. Sur un ſecond pilier OE, paralléle au premier, eſt pareillement monté dans une châſſe, un levier en croix CG DF, dont les bras ſont égaux aux rayons de la poulie A. Ce levier ſe meut librement ſur ſon axe.

USAGE

De cet appareil.

1°. LA demie circonférence de la poulie A étant embraſſée ſelon l'uſage ordinaire, par une corde, les poids P, P, doivent être égaux pour ſe faire équilibre.

2°. La corde n'embraſſant que le quart de la même poulie, & s'attachant par l'une de ſes extrêmités au point G de la branche GE du levier; le poids R, ſuſpendu à l'extrêmité D de la branche DE, doit encore être égal en maſſe au poids P, pour lui faire équilibre.

3°. La corde embraſſant les trois quarts de la poulie, comme on peut le remarquer par la ligne ponctuée, & s'attachant en F, le levier étant mis dans la ſituation FEC, le même poids R, fait encore équilibre au poids P. Planche XIII.

Le ſervice de ces ſortes de poulies eſt trop étendu pour négliger de le rendre auſſi commode qu'il puiſſe être; le Phyſicien doit donc expliquer ici quelle eſt la meilleure maniere de les enarbrer & faire voir la néceſſité de fixer l'arbre dans l'épaiſſeur de la poulie, plûtôt que de faire rouler, comme il eſt d'uſage, cette poulie ſur ſon arbre : il doit encore faire obſerver que pour diminuer en grande partie le frottement de cette machine, il eſt nombre de cas où il feroit important de faire rouler les extrêmités de ſon arbre ſur la circonférence de quatre autres poulies, & de convertir, par ce moyen, le frottement de la premiere, en frottement de la ſeconde eſpece.

Obſervation ſur la maniere de monter les poulies ſimples.

Paragraphe Second.

Des poulies compoſées.

On donne le nom *de poulies compoſées*, ou plus généralement celui de *mouffles*, ou

de *poulies moufflées*, à un syftême de poulies dont les unes font fixes & les autres mobiles avec le fardeau dont elles font partie. Ces mouffles prennent différens noms, fuivant le nombre de poulies mobiles dont elles font compofées. On les nomme *mouffles à deux yeux*, *à trois*, *ou à quatre yeux*, lorfqu'elles font compofées de deux, de trois, ou de quatre, &c. poulies mobiles. Nous en développerons les avantages dans l'expofition des appareils fuivants.

PREMIER APPAREIL.

Planche XIV.

Poulies compofées d'une fixe & d'une mobile.

Fig. 1.

ON fufpend une corde à un point fixe F, (Pl. XIV, fig. 1.); cette corde vient embraffer la circonférence de la poulie mobile A, & retourne envelopper celle de la poulie fixe B. La puiffance P eft attachée à l'extrêmité de cette corde & le fardeau R à la châffe de la poulie mobile A.

USAGE

De cet Appareil.

SI on confidére la pofition relative du point d'appui, de la puiffance & de la réfiftance, on démontrera facilement que la poulie

mobile A, fait ici l'office d'un levier du second genre, dans lequel la puissance est une fois plus éloignée du point d'appui que la résistance, & conséquemment qu'une puissance sous-double doit contrebalancer une résistance double.

Planche XIV.

SECOND APPAREIL.

Appareil composé de trois poulies mobiles qui se succédent dans trois châsses différentes. Fig. 2.

Au point fixe F, (Pl. XIV. fig. 2.), est attachée une corde qui embrasse la poulie inférieure A, & qui vient s'attacher en *a*, au crochet de la châsse de la seconde poulie B : du point G, part un second cordon qui embrasse cette derniere poulie & qui s'attache pareillement au crochet de la suivante C. Au point H enfin, est arrêté un troisieme cordon qu'on ramene sur la circonférence de cette derniere C, & qui vient ensuite envelopper la demie circonférence de la poulie fixe D. La puissance P est suspendue à l'extrêmité de ce dernier cordon, & le fardeau R au crochet de la poulie A.

Planche XIV.

USAGE

De cet Appareil.

CET appareil fert à démontrer que toutes les poulies mobiles qui fe fuccédent ainfi, étant ifolées dans leur châffe, font autant de leviers du fecond genre, qui doublent continuellement l'avantage de la puiffance fur la réfiftance. L'équilibre entre ces deux forces doit donc fe déterminer par l'analogie fuivante. La puiffance P doit être à la réfiftance R, comme l'unité eft au nombre 2, élevé à une puiffance dont l'expofant eft défigné par le nombre des poulies mobiles : on aura donc équilibre dans la difpofition que nous venons de décrire, fi la puiffance P eft à la réfiftance R, comme 1 eft à 8.

Si de toutes les poulies compofées il n'en eft point dont la difpofition foit plus avantageufe à la puiffance, on conçoit facilement que ce fyftême de poulies doit entraîner plus d'un inconvénient après lui. Nous laiffons au Phyficien le foin de développer cette obfervation & de démontrer pour quelle raifon on néglige dans les arts de profiter de l'avantage de cet appareil.

Planche XIV.

TROISIEME APPAREIL.

Poulies moufflées à trois yeux. Fig. 3.

ACE, (Pl. XIV, fig. 3.), sont trois poulies mobiles dont les diametres vont en augmentant, & qui roulent toutes les trois dans une même châsse. BDG, sont trois autres poulies semblables, mais fixes & roulant pareillement dans la même châsse. Vers le bas de cette derniere, on voit un crochet auquel on attache l'une des extrêmités d'une corde qui doit successivement embrasser les six poulies dans l'ordre qui suit A, B, C, D, E, G. Le fardeau R, doit être suspendu à la châsse des poulies mobiles qui font elles-mêmes partie du fardeau; la puissance P est appliquée à l'autre extrêmité de la corde.

USAGE

De cet Appareil.

QUOIQUE chacune des poulies mobiles paroisse faire l'office d'un levier du second genre, de même espece que les précédentes, & conséquemment quoi que la puissance devroit trouver ici le même avantage que dans le systême précédent de poulies, il est cependant réellement moindre, & on démontre

Planche XIV. que pour atteindre à l'équilibre dans cette disposition de poulies fixes & mobiles, la puissance doit être à la résistance comme 1 est à 6, ou en général comme l'unité est au nombre des cordes qui embrassent les poulies mobiles.

Le Physicien doit particuliérement insister sur cette différence, il doit en démontrer le principe; il doit encore faire observer que si, dans la théorie, la puissance doit obtenir d'autant plus d'avantage contre la résistance, que le nombre des poulies mobiles est plus multiplié; il n'en arrive cependant pas ainsi dans la pratique, par rapport à l'augmentation des frottemens & à la résistance des cordes qui s'enveloppent sur des circonférences qui vont en diminuant. Nous en avons donné un précis dans nos *Leçons de Physique expérimentale.* Cette derniere considération bien développée sert à faire connoître la préférence que mérite l'appareil suivant.

Quatrieme Appareil.

Autre système de poulies mouflées à trois yeux. Fig. 4.

A & B, (Pl. XIV, fig. 4.), sont deux triples châsses, dans chacune desquelles roulent trois poulies de même diametre. Celles de la châsse A sont fixes & les autres mobiles;

la même corde embraſſe ſucceſſivement & dans le même ordre que dans l'appareil précédent, chacune des ſix poulies. Planche XIV.

Usage

De cet Appareil.

On démontre encore ici la même analogie pour le cas d'équilibre, & quoique dans la théorie, ou mieux dans l'état de préciſion, cet appareil n'ait rien de préférable au précédent, on fait voir manifeſtement qu'il eſt bien plus avantageux dans la pratique.

Il eſt encore d'autres manieres de diſpoſer des poulies ; elles ſont plus ou moins avantageuſes relativement aux circonſtances, dans le détail deſquelles nous ne pouvons ſuppoſer qu'il ſoit néceſſaire de deſcendre. L'uſage & la conſidération de nombre de machines qu'on eſt à portée de voir tous les jours, doivent ſuffire à celui qui eſt imbu des principes généraux que nous venons de faire connoître.

Celui qui traite de l'utilité des poulies & de la maniere d'en faire uſage, doit encore obſerver qu'il eſt nombre de circonſtances où il peut arriver que les cordes qui les embraſſent ne s'appuyent point ſur les extrêmités

Planche XIV.

d'un même diametre. Or, dans tous ces cas, il s'en faut plus ou moins que la puissance trouve dans le service de ces machines, l'avantage indiqué par l'analogie que la théorie présente. Il est donc encore très-important de développer cette observation & d'examiner les véritables rapports qui doivent se trouver entre des forces qui agissent obliquement par l'intermède de quelques poulies.

CINQUIEME APPAREIL.

Appareil propre à faire observer le rapport des forces qui agissent obliquement par des poulies. Fig. 5.

AB, (Pl. XIV, fig. 5.), est une potence sur la longueur de laquelle sont creusées deux rainures à jour *ab*, *cd*: dans l'une se meut un petit crochet *g*, qu'on fixe sur l'un des points de sa longueur par une vis de pression. Dans la seconde on arrête fixement la châsse d'une balance ordinaire CD, dont on supprime l'un des bassins. On attache à l'un des bras de cette balance, en C, par exemple, l'extrêmité d'un cordon qui embrasse une poulie mobile E; on suspend à la châsse de cette poulie le fardeau R., l'autre extrêmité du même cordon tient au crochet *g*.

Planche XIV.

USAGE.

De cet Appareil.

On voit manifestement par la seule disposition de cette machine, que la poulie E fait l'office d'un levier du second genre, dans lequel le point d'appui est une fois plus éloigné de la puissance, qui est en C, que de la résistance. Le poids P, y compris le poids du bassin & des cordes, ou des chaînes qui le suspendent, ne doit donc être que sous-double du fardeau R & de la poulie E, pour leur faire équilibre, lorsque les cordons qui embrassent cette poulie sont paralléles & conséquemment lorsqu'ils portent sur les extrêmités du même diametre : mais cet équilibre ne subsistera plus, la puissance P ne sera plus suffisante, si on reporte le crochet *g* vers le point B, & si le cordon attaché au bras C devient oblique & porte sur tout autre point, pris au-dessous du précédent diametre.

Cette expérience qui démontre que l'action oblique de la puissance n'équivaut point à son action perpendiculaire, ne donne qu'une idée générale & insuffisante de cette théorie, que le Physicien doit développer amplement,

Planche XIV. en profitant des secours que la géométrie peut lui fournir. On pourra consulter à cet égard, nos *Leçons de Physique expérimentale*, & une Dissertation assez curieuse de M. de *Varignon*, imprimée dans les *Nouvelles de la Republique des Lettres*, *année* 1687.

Article Cinquieme.

Des Appareils qui démontrent les propriétés du Tour.

Le Tour n'est, à proprement parler, qu'un assemblage de poulies enfilées sur le même axe ; il conserve le nom de *tour*, ou on l'appelle plus communément *treuil*, lorsque son axe est paralléle à l'horison. On le nomme *vindas* ou *cabestan*, lorsqu'il est perpendiculaire à l'horison.

Premier Appareil.

Modele de Tour. Fig. 6. A, (Pl. XIV, fig. 6.), est un treuil dont les pivots roulent dans les échancrures pratiquées au haut des deux montans R, T, solidement établis sur leur bâtis par des jambes de forces

S, S, S, S. *da*, *da*, *da*, *da*, ſont deux leviers qui traverſent l'épaiſſeur du tour & qui ſe croiſent. Planche XIV.

Usage

De cet Appareil.

Destiné à ſoulever & à faire monter des fardeaux, on fait mouvoir le tour de différentes manieres. A-t-il peu d'effort à faire ? on ſe contente d'y appliquer une manivelle CDE. Veut-on ſoulager la puiſſance, ou faire produire plus d'effort à cet inſtrument ? on y ajoute une ſeconde manivelle GFH. La maniere de diſpoſer cette derniere n'eſt point indifférente, & c'eſt une conſidération qui ne doit point échapper au Phyſicien. Deux manivelles ne ſuffiſent-elles point ? on ſe ſert des deux leviers croiſés *da*, *da*, *da*, *da*, & on démontre que la puiſſance eſt à la réſiſtance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du tour eſt à la longueur du bras CD, ou à la ſomme des deux bras CD, GF, ou enfin à la longueur des leviers *da*, *da*, *da*, *da*.

Planche XIV.

Second Appareil.

Modele d'une roue de carrieres.
Fig. 7.

A, (Pl. XIV, fig. 7.), eſt un tour ſemblable au précédent ; il ſe meut de la même maniere ſur deux montans ; il n'en différe que par la roue ST, adaptée à ſon axe à la place des manivelles ou des leviers dont nous venons de parler : la circonférence de cette roue eſt garnie de chevilles très-peu diſtantes les unes des autres.

Usage

De cet Appareil

On conçoit aiſément que les hommes qui ſervent cette eſpece de machine, agiſſent ſucceſſivement ſur chacune des chevilles qui traverſent les gentes de la roue, & qu'ils y agiſſent d'autant plus favorablement que le diametre de cette roue eſt plus grand. Mais une obſervation qui ne doit point échapper, c'eſt la maniere ſelon laquelle la puiſſance ſe trouve appliquée ſur ces chevilles ; elle peut être perpendiculaire ou oblique à chacun des rayons de la roue & ſon effet eſt bien différent dans ces deux cas. C'eſt à celui qui démontre les propriétés de cette machine à

développer cette théorie ; il ne doit point négliger encore de considérer que cette roue étant communément destinée à tirer des pierres du fond des carrieres, il arrive souvent que la corde fait plusieurs tours sur le treuil A ; ce qui augmente d'autant le diametre du cylindre, & conséquemment fait perdre à la puissance une partie de l'avantage qu'elle trouvoit dans les premieres révolutions du treuil. Planche XIV.

TROISIEME APPAREIL.

A, (Pl. XIV, fig. 8,), est un treuil semblable aux précédents, mais auquel on applique une roue à tambour ; cette roue est composée de deux *abc*, *def*, enarbrées sur l'axe du treuil & réunies entre elles par des douves, qui forment une espece de plancher. Modele d'une roue à tambour. Fig. 8.

USAGE

De cet Appareil.

L'USAGE de cet Appareil se saisit aisément : un homme ou deux hommes, lorsque la roue est assez grande pour qu'ils puissent s'y tenir à côté l'un de l'autre, entrent dans cette roue & mettent à profit le poids de leur corps

pour la faire tourner ; ils marchent ſur le plancher & ils font continuellement effort pour monter vers l'axe.

Il eſt important pour la commodité du ſervice & en même temps pour la ſûreté des hommes qui agiſſent dans ces ſortes de machines, que le plancher ſoit couvert, de diſtance en diſtance, de petites tringles de bois qui aillent d'une roue à l'autre ; elles ſoutiennent les hommes, elles les empêchent de céder au mouvement de la roue & de gliſſer au moment où ils appuyent leurs pieds ſur un plan qui céde à l'effort de leur poids.

On doit obſerver ici que la puiſſance ne profite point de toute la longueur du rayon de ces ſortes de roues, & même que la diſtance à l'axe varie continuellement par la poſition des pieds de celui qui marche dans ces machines.

On doit encore ranger dans la même claſſe *la chevre, la grue, le grueau, l'angin*, & quelques autres machines dont la conſtruction & l'uſage ſont trop connus pour nous occuper à les décrire ſéparément ; nous nous contenterons de les repréſenter (Pl. XV, fig. 1, 2, 3, 4.

Planche XV. Fig. 1, 2, 3, 4.

Le

Le cabeſtan dont la fonction eſt de faire avancer les fardeaux parallélement ou obliquement à l'horiſon, par l'addition d'un plan incliné, ne mérite point non plus un article à part : on voit aiſément à l'inſpection de la (fig. 5.), toute la conſtruction de cette machine : elle ſuit la même analogie que les précédentes pour le cas d'équilibre. Nous abandonnons à celui qui ſe propoſera d'en démontrer l'uſage, le ſoin de faire obſerver ce qui ſe pratique par rapport au cable, dans le ſervice de cette importante machine. Planche XV. Fig. 5.

Article Sixieme.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du plan incliné.

Le plan incliné fait un angle plus ou moins aigu avec l'horiſon, & c'eſt la grandeur de cet angle qui détermine l'avantage que la puiſſance tire du ſervice de cette machine.

Quoique la théorie du plan incliné doive être traitée géométriquement, on peut encore la démontrer juſqu'à un certain point par la voie de l'expérience.

Planche XVI.

APPAREIL.

Appareil pour démontrer les propriétés du plan incliné. Fig. 1.

A *f*, (Pl. XVI, fig. 1.), eſt une tablette qui ſe calle & qui ſe met de niveau par des vis placées ſous ſes quatre angles. Vers l'extrêmité A de cette tablette, on en voit une ſeconde OB, qui ſe meut à charniere ſur la premiere ; elle eſt échancrée vers le haut, pour gliſſer ſur l'arc *y*X, fixement aſſemblé ſur l'extrêmité *f* de la tablette A *f*. On arrête celle qui eſt mobile ſur tous les points de l'arc *y*X, par une vis de preſſion *r*. *a* eſt une petite poulie montée dans une châſſe qui embraſſe l'arc *y*X, & qui s'y fixe au-deſſus de la tablette OB. Cette châſſe porte à ſon autre extrêmité une ſeconde poulie ſemblable à la premiere, mais elle ſe trouve cachée par l'arc *y*X.

Il convient que ces poulies ne ſoient point adhérentes au corps de la tablette OB, comme on le pratique aſſez habituellement : on ne pourroit alors faire agir la puiſſance que parallélement au plan OB, & on ne pourroit comparer ſon action parallèle à ſon action oblique, comme on peut le faire facilement dans la diſpoſition de notre machine.

Planche XVI.

USAGE

De cet Appareil.

On démontre, à l'aide de cet appareil, que dans le cas d'équilibre, la puissance doit être à la résistance, comme la hauteur du plan est à sa longueur.

1°. On dispose la tablette OB de maniere que la hauteur de ce plan soit sous-double de sa longueur, & on fait observer que la somme de deux poids égaux P,P, étant sous-double de celle du fardeau R, ils tiennent ce dernier en équilibre sur tous les points de la tablette OB.

2°. On change l'inclinaison de cette tablette; on la porte en C, par exemple, afin de mettre une grande différence dans le précédent rapport entre la hauteur & la longueur du plan, on laisse les poids dans le même rapport & on voit que le fardeau R entraîne les poids P,P.

3°. On ramene cette même tablette en D, beaucoup au-dessous de la premiere élévation, les poids étant encore les mêmes, ils entraînent le fardeau R.

Quoique dans l'état de précision le plus

Planche XVI. léger changement dans la hauteur de la tablette dût rompre l'équilibre entre le fardeau R & les poids P,P, on conçoit que le frottement qu'on ne peut éviter dans la conſtruction de cette machine ne permet pas qu'on puiſſe s'appercevoir de cette différence, à moins qu'elle ne ſoit très-ſenſible, & c'eſt pour cette raiſon que nous conſeillons de prendre des hauteurs très-différentes entre elles.

Pour diminuer ce frottement, autant qu'il eſt poſſible, il ne faut point laiſſer traîner le fardeau R ſur la longueur du plan OB, mais le monter dans une châſſe & le diſpoſer de maniere qu'il roule librement, comme on peut l'obſerver par la ſeule inſpection de la figure.

Article Septieme.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du coin.

Le coin peut être ſimple ou double ; ſimple, il ne différe point du plan incliné & il produit le même avantage : double, c'eſt un compoſé de deux coins ſimples, unis ſelon

leur longueur. Les Méchaniciens ne sont point d'accord sur l'analogie de cette machine ; il convient donc de développer cette contestation & de démontrer l'opinion qu'on doit suivre. Si on veut consulter l'expérience, il faut se défier de ces appareils dans lesquels les frottemens se trouvent trop multipliés ; c'est un défaut que nous ne pouvons nous empêcher de reprocher à l'appareil décrit dans les Leçons de Physique de l'abbé *Nollet*, il ne peut qu'induire en erreur. Celui de *Mussenbroek* est incomparablement meilleur & c'est celui que nous allons faire connoître. Planche XVI.

Appareil.

Appareil propre à démontrer les propriétés du coin. Fig. 2.

OPR, (Pl. XVI, fig. 2.), est un coin double dont on peut augmenter ou diminuer la base. H,V, sont deux cylindres dont les axes sont saillans & qui sont suspendus par des cordes L, L, L, L. Ces deux cylindres sont tirés l'un vers l'autre, selon une direction parallèle à l'horison, par des cordes attachées à des brides fixées sur les extrêmités de ces cylindres & qui passent ensuite l'une sur la poulie *a*, & l'autre sur la poulie *b* ; il y en a deux semblables de l'autre côté qui produisent le même effet. A ces cordes sont suspendus

Planche XVI.

les poids X,X, ʒ,ʒ;c'eſt l'effort de ces poids qui oblige les cylindres à s'approcher. Au point Q, ſommet du coin, pend un baſſin dans lequel on met les poids néceſſaires pour que le coin puiſſe écarter les cylindres, s'inſinuer entre eux & y demeurer comme ſuſpendu.

USAGE

De cet appareil.

On conçoit trop aiſément l'uſage de cet appareil pour inſiſter ſur cet objet ; nous obſerverons ſeulement que pour produire l'effet qu'on attend de cette machine, il faut, pour tenir le coin en équilibre entre les deux cylindres, que le poids de ce coin & de ſa charge ſoit à la ſomme des poids X,X, ʒ,ʒ, comme la baſe du coin eſt au double de ſa longueur, ce qui s'accorde parfaitement avec la théorie géométrique de cette machine. On pourra conſulter à cet égard, *le Cours de Phyſique de Muſſenbroek.*

Cette connoiſſance fournit au Phyſicien nombre d'obſervations à faire relativement à tous les inſtrumens tranchans, qu'on peut regarder comme autant de petits coins. Ces mêmes obſervations peuvent s'étendre à l'effet

de certains poisons, tels que le sublimé corrosif, l'arsenic, l'eau forte, &c. dont les parties acuminées forment des coins de différente espece. Les dents des animaux, le bec des oiseaux, les ongles, &c. peuvent encore être rangés dans cette classe. Planche XVI.

ARTICLE HUITIEME.

Des Appareils propres pour démontrer les propriétés des vis.

LA VIS en général, est un plan incliné roulé en forme d'hélice sur la circonférence d'un cylindre ; elle est reçue dans une autre vis creusée sur le pourtour d'un trou ; cette derniere se nomme *écrou.* La théorie de cette machine tient à celle du plan incliné ; nous n'avons encore aucun appareil qui puisse démontrer assez exactement l'analogie de la puissance comparée à la résistance. Nous nous bornerons donc à faire observer avec l'appareil suivant, que la vis est un véritable plan incliné.

Planche XVI.

PREMIER APPAREIL.

Développement de la vis. Fig. 3.

AB, (Pl. XVI, fig. 3.), est un cylindre sur le contour duquel on mene un filet de vis *ab*, fait avec un morceau de parchemin.

USAGE

De cet Appareil.

Si on développe ce filet, on voit qu'il forme un plan incliné *ab*C, dont la hauteur *a*C, représente le pas de la vis & la longueur *ab* le filet.

Nous laissons au Physicien à développer les applications & les avantages de cette machine; les moyens qu'on peut employer pour augmenter la force de la puissance appliquée à cette machine, soit en serrant davantage le pas de la vis, soit en la faisant mouvoir avec un levier plus long, &c.

On connoît en Physique deux especes particulieres de vis qui méritent bien un article à part, *la vis d'archiméde* & *la vis sans fin*; nous parlerons de cette derniere dans l'article suivant, dans lequel nous traiterons des machines composées.

Planche XVI.

SECOND APPAREIL.

AB, (Pl. XVI, fig. 4.), eſt un tube de métal tourné en forme d'hélice ſur un cylindre *ab*, incliné à l'horiſon. L'extrêmité *b* de ce cylindre eſt terminée par un pivot qui roule dans une crapaudine attachée au fond du baſſin CD. L'autre extrêmité du même cylindre ſe meut ſur le haut du pilier EF, perpendiculaire au baſſin : cette vis eſt menée par une manivelle G.

Vis d'archiméde. Fig. 4.

USAGE

De cet Appareil.

ON remplit d'eau le baſſin CD & on fait tourner la vis dans le ſens qui convient pour que l'extrêmité inférieure du canal puiſe & s'engorge d'eau; cette eau paſſe enſuite d'hélices en hélices, à proportion que la vis tourne; elle s'écoule enfin par l'extrêmité ſupérieure de la vis & elle tombe dans un réſervoir ménagé au-deſſous, ou dans le baſſin même.

Pour expliquer plus facilement de quelle maniere l'eau ſe porte vers le haut de cette vis, on a imaginé l'appareil ſuivant.

Planche XVI.

TROISIEME APPAREIL.

Autre vis d'archiméde. Fig. 5.

A, (Pl. XVI, fig. 5.), eſt encore un cylindre, ſur la longueur duquel on a enveloppé un plan étroit & flexible AB, garni d'un petit rebord. Les révolutions de ce plan imitent les hélices du tube AB, (fig. 4.); c'eſt encore une vis *d'archiméde*, mais dont les hélices ſont à jour. Le cylindre ſe meut ſur deux pivots qui roulent entre deux poupées C,D, élevées verticalement ſur la tablette HI. Cette tablette, attachée par une charniere à une ſeconde NO, s'incline plus ou moins à l'horiſon & ſe tient dans le degré d'inclinaiſon qu'on lui donne, par le moyen d'un valet K, qui s'appuie ſur les dents d'une crémailliere LM.

Fig. 4.

USAGE

De cet Appareil.

ON introduit ſur l'un des pas inférieurs de cette vis, un balle de métal dont le diametre doit être plus petit que la hauteur de ce pas; on fait tourner la vis ſur ſon axe & on voit la bille paſſer d'hélices en hélices & s'élever juſqu'au haut du cylindre.

Lorſqu'on examine avec attention la poſition

succeffive des hélices, on voit qu'elles for- Planche
ment autant de petits plans inclinés fur lef- XVI.
quels la bille roule continuement. Rien de plus ingénieux que cette machine, mais rien en même-temps de plus borné que le fervice qu'on peut en attendre, nonobftant les différens moyens qu'on a employés pour parer à cet inconvénient; moyens que le Phyficien doit connoître & développer. Il trouvera de quoi fe fatisfaire à cet égard dans un Ouvrage de M. *Paučton*, intitulé, *Théorie de la vis d'archiméde*; il verra même avec plaifir l'idée ingénieufe avec laquelle l'Auteur a voulu décompofer cette machine pour en expliquer plus facilement les effets.

ARTICLE NEUVIEME.

Des Appareils propres à faire juger des effets des machines compofées.

NOUS ne donnerons ici que quelques exemples de ces fortes de machines, qui fe multiplient tous les jours & qui ne font qu'une combinaifon des précédentes. Celles que nous choifirons fuffiront pour fatisfaire la curiofité du Lecteur & le mettre à portée de juger des

Planche XVI.

avantages qu'on peut attendre de toutes celles qu'il auroit à confidérer.

Premier Appareil.

Multiplication des leviers. Fig. 6.

A*a*, *cb*, *d*C, (Pl. XVI, fig. *6*.) font trois leviers du premier genre, mobiles fur leurs axes *r*, *r*, *r*, & difpofés de maniere que chaque axe eft quatre fois moins éloigné d'une des extrêmités de fon levier, que de l'autre. Le levier *cb*, porte fur les deux autres, de façon que l'extrêmité A du premier venant à baiffer, l'extrêmité C du dernier s'éleve en fens contraire. Les petits poids *o*, *o*, *o*, appliqués aux extrêmités les plus courtes de chacun de ces leviers, fervent à les tenir en équilibre avec eux-mêmes, lorfqu'ils ne font point chargés.

Usage

De cet Appareil.

La difpofition de ces leviers étant connue, on démontre qu'un poids P, d'une livre étant fufpendu à l'extrêmite A du premier levier, tient en équilibre un poids R, de foixante-quatre livres, attaché à l'extrêmité C du dernier. La puiffance eft donc ici à la réfiftance, comme le produit des plus courts bras, mul-

tipliés les uns par les autres, est au produit des plus longs, pareillement multipliés les uns par les autres, ou en raison composée des avantages qu'elle tire séparément de chacun des leviers qui entrent dans la construction de cette machine. Planche XVI.

Les roues dentées ne sont encore qu'une multiplication de leviers du premier genre, comme il est facile de s'en assurer par le développement de l'appareil suivant. Roues dentées.

Second Appareil.

Sur l'axe de la premiere roue A, (Pl. XVI, fig. 7.), est fixé un treuil *a*, qui tourne conjointement avec cette roue. Celle-ci engraine dans le pignon *c* de la roue B, lequel est également fixé sur l'arbre de cette roue. Cette derniere engraine dans le pignon *d* de la troisieme C, qui n'est point dentée, mais faite en forme de tambour, sur lequel s'enveloppe un cordon ou une soie, à l'extrêmité de laquelle on suspend le petit poids P, pour faire l'office de puissance. Fig. 7.

Planche XVI.

Usage

De cet Appareil.

La réſiſtance R étant attachée à l'extrêmité d'une corde qui enveloppe la circonférence du treuil *a*, on conçoit aiſément que la premiere roue A fait l'office d'un treuil ordinaire, mené par une roue, tels que la roue de carrieres, la grue & pluſieurs autres machines de cette eſpece. On aura donc aiſément le rapport de la puiſſance à la réſiſtance, ſi on connoît celui qui ſe trouve entre le diametre du treuil & celui de la roue A. Suppoſons que ce rapport ſoit comme celui de 1 à 4, une puiſſance comme 1 appliquée ſur chacune des dents de la roue A, tiendra en équilibre une réſiſtance comme 4, attachée au cordon qui enveloppe le treuil *a*. Les aîles du pignon *c* menées par la denture de la roue A, n'auront donc à ſupporter que le quart de l'effort total du fardeau R; par conſéquent ſi le diametre de ce pignon eſt au diametre de la roue B, dans le même rapport, ou mieux ſi les deux dentures ſont dans le rapport de 1 à 4, une puiſance comme 1, tranſportée ſur les dents de la ſeconde roue,

tiendra en équilibre une résistance R, comme Planche
16. Le pignon *d*, de la troisieme roue, ou XVI.
du tambour C, ne sera donc chargé que de la seizieme partie du fardeau R; & si on suppose que le même rapport subsiste entre le diametre du pignon *d* & celui du tambour C; une puissance P qui ne sera que la 64e partie de la masse R, la tiendra en équilibre; ce qui s'accorde parfaitement avec la formule générale : *la puissance doit être à la résistance, comme le produit du diametre des pignons ou des lanternes, est au produit du diametre des roues.*

La théorie des roues dentées conduit naturellement à parler des roues des voitures, de l'avantage que les grandes ont sur les petites, qui leur sont communément associées. On trouvera cette théorie amplement développée dans le *Cours de Physique du D. Desaguilliers*; on peut encore faire une application de cette même théorie, à la fusée d'une montre, dont la figure cénoïdale entretient un tirage égal dans le premier moteur, quoique sa force aille toujours en diminuant, à mesure que ce ressort se développe.

Planche XVII.

TROISIEME APPAREIL.

Le cric.

Fig. 1.

LE Cric eſt compoſé d'une lame dentée AK, (Pl. XVII, fig. 1.), dont la tête A, eſt ordinairement terminée par une eſpece de fourchette. Les dents de cette lame engrainent avec les aîles d'un pignon B, fixé ſur l'arbre d'une roue dentée C. Les dents de cette roue engrainent avec les aîles d'un ſecond pignon D, ſur l'arbre duquel on monte une manivelle FE.

USAGE

De cet Appareil.

LE fardeau qu'on veut ſoulever étant appuyé ſur la tête A, de la lame dentée AK, on fait tourner la manivelle dans le ſens qui convient pour élever la lame AK, & le fardeau monte. Or, on démontre que, dans le cas d'équilibre, la puiſſance doit être à la réſiſtance comme le produit des diametres des pignons eſt au produit du diametre de la roue, multiplié par la longueur du bras de la manivelle.

QUATRIEME

Planche XVII.

QUATRIEME APPAREIL.

Vis sans fin. Fig. 2.

SUR un même arbre sont montés fixement le treuil *ab*, (Pl. XVII, fig. 2.), & la roue A; les dents de cette roue engrainent dans une espece particuliere de vis BC, qu'on nomme *vis sans fin*, parce qu'elle tourne toujours dans le même sens & qu'elle n'a point de repos. A l'extrêmité D de l'arbre de cette vis, est adaptée la manivelle DE; le tout est établi & se meut sur une châsse surmontée d'un coq K.

USAGE

De cet Appareil.

LA puissance appliquée à la manivelle E, & qui fait tourner la vis BC, fait tourner en même-temps la roue A, & conséquemment le treuil *ab*. La corde qui y est attachée, s'enveloppe donc sur la circonférence de ce treuil, & le fardeau R s'éleve à proportion.

Il y a plusieurs moyens de connoître & de démontrer l'avantage de cette machine: le plus simple est de la ramener au principe d'équilibre de *Descartes*, & de comparer l'espace que la puissance & la résistance par-

Planche XVII.

courent dans le même temps. Pour déterminer ce rapport, il suffit de connoître le diametre du treuil *ab*, la longueur du bras de la manivelle & le nombre de dents que porte la roue A. On pourra consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale.*

CINQUIEME APPAREIL.

La chevre moufflée. Fig. 3.

ABDCE, (Pl. XVII, fig. 3.), est un treuil ordinaire monté dans un chassis particulier & construit de maniere que la corde qui enveloppe le treuil, passant sur la circonférence de la poulie *c*, donne plus de facilité pour mouvoir & élever le fardeau de différentes manieres. F, est une poulie mobile, à la châsse de laquelle on attache ce fardeau.

USAGE

De cet Appareil.

ABSTRACTION faite de la poulie F, cet instrument, dont le service est très-familier dans les constructions, se nomme une *chevre*, (Pl. XV, fig. 1.); & ce n'est, à proprement parler, qu'un simple treuil. Conséquemment la puissance doit être à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du treuil est

Planc. XV, Fig. 1.

à la longueur des leviers croisés *ab*, *ab*; &c. mais par l'addition de la poulie mobile F, cette machine devient composée & se nomme *chevre moufflée*, ou plus communément *chevre d'artillerie*; & on démontre, en conséquence des principes les mieux établis concernant les poulies mobiles, que la poulie F double l'effet de la puissance.

Planche XVII.

SIXIEME APPAREIL.

DANS une cage ABCD, (Pl. XVII. fig. 4.), on remarque un volant EF : il fait l'office d'un levier du premier genre ou d'une balance; au milieu de ce levier est adaptée une espece de fuseau GH, portant sur sa longueur une vis sans fin H, qu'on peut considérer comme un coin. Cette vis engraine dans les dents de la roue K, qui représente un treuil conduit par une roue; la corde qui embrasse l'axe de la roue & qui s'enveloppe sur le treuil, passe sur la circonférence des poulies moufflées M N, & comme la vis sans fin ne fait qu'imparfaitement l'office de plan incliné, puisqu'elle n'a point de mouvement progressif, on ajoute à cette machine le plan incliné *rq*, RQ, sur lequel on fait poser le fardeau P, suspendu à la châsse des poulies mobiles *m*, *n*.

* Machine composée de toutes les machines simples.
Fig. 4.

Planche XVII.

Usage

De cet Appareil.

Cet appareil n'est que de pure curiosité ; il réunit toutes les machines simples en une seule machine composée, & sert à démontrer que, dans ce cas, l'avantage de la puissance sur la résistance est en raison composée de tous les avantages que chaque machine simple procure à la puissance.

Il eût convenu, pour plus grande exactitude, de n'employer ici qu'une seule poulie mobile, à la place des poulies moufflées MN; mais nous n'avons rien voulu changer à la machine du *D. Desaguilliers*, & nous l'avons décrite telle que ce célebre Physicien l'a imaginée.



Planche XVII.

Article Dixieme.

Description d'un appareil propre à démontrer les inconvénients indispensables dans le service des cordes.

La néceſſité d'employer des cordes dans le ſervice de preſque toutes les machines, & la variété des obſtacles qu'elles oppoſent à la puiſſance, méritent une conſidération particuliere. On ne peut donc trop recommander à celui qui ſe propoſe de traiter de la Méchanique d'une maniere utile pour la pratique, d'avoir égard à cette nouvelle réſiſtance inévitable; il doit conſidérer avec ſoin,

Conſidérations importantes ſur la conſtruction des cordes.

1°. La conſtitution du chanvre; il eſt plus ou moins flexible, ſuivant la maniere ſelon laquelle il a été cardé.

2°. La quantité de tors qu'on donne aux filamens de ce chanvre pour en faire du fil.

3°. La maniere ſelon laquelle ces fils eux-mêmes ſont tors entre eux dans la fabrique de la corde, ce qui varie ſinguliérement la flexibilité d'une même eſpece de corde, faite avec le même nombre de fils.

Planche XVII. 4°. La grosseur de la corde qu'on se propose d'appliquer à une machine.

5°. Les accroissemens que la roideur d'une corde peut acquérir, à raison des poids qui la tendent.

6°. Le diametre des poulies, ou des cylindres sur lesquels elle doit se ployer.

Il ne doit point négliger encore de faire attention à quantité de circonstances étrangeres, à la vérité, mais qui influent malgré cela plus ou moins sur la résistance qu'une corde peut faire éprouver.

1°. Elle résistera davantage si elle est neuve, que si elle a déja servi & que ses fibres se soient allongées.

2°. Elle deviendra plus roide, si on la mouille.

3°. Exposée à l'action du soleil, elle blanchira & elle deviendra plus flexible.

4°. Exposée aux injures de l'air elle deviendra plus roide & d'un plus mauvais service.

La plûpart de ces observations, toutes importantes dans la pratique, peuvent être confirmées par l'expérience; mais il ne faut pas toujours s'attendre que les résultats seront constamment les mêmes, il y a tant de circonstances qui influent sur la qualité des cor-

des, qu'il n'eſt preſque pas poſſible que l'expérience juſtifie exactement la théorie. Planche XVII.

APPAREIL.

Appareil propre à examiner les propriétés des cordes. Fig. 5.

SUR une tablette ſuffiſamment ſolide EF, (Pl. XVII, fig. 5.), s'élevent deux forts montans AB, CD, qui forment vers le haut deux eſpeces de potences réunies par une traverſe de fer. Aux extrêmités de ces potences ſont implantés deux crochets de fer R, R.

P eſt une petite planche taillée en forme de parallélograme, & aux angles de laquelle ſont attachés quatre anneaux pour recevoir les crochets des cordes *ab*, *ab*, *ab*, *ab*, (fig. 6.) : ces cordes doivent être diſpoſées par paires & on doit connoître les rapports entre les groſſeurs de ces cordes. Fig. 6.

cd, *cd*, *cd*, (fig. 5 & 7.), ſont des cylindres de bois ferme, de buis, par exemple, le cylindre *cd*, n°. 1, eſt uni & de même groſſeur dans toute ſa longueur. Le diametre du cylindre *cd*, n°. 2, eſt double, mais il eſt réduit vers ſa partie moyenne, à la groſſeur du précédent. Le cylindre *cd*, n°. 3, eſt triple du premier & pareillement réduit à la groſſeur de celui-ci vers ſon milieu. Fig. 5 & 7.

On réduit encore tous ces cylindres au

Planche XVII. même poids par l'addition des boules *c*, *d*, qu'on adapte aux extrêmités de ceux dont les diametres sont plus petits.

Sur la partie moyenne de chacun de ces cylindres sont attachées deux petites pointes en forme de crochets, mais elles sont enchâssées de maniere qu'elles n'excédent point la surface du cylindre.

USAGE

De cet Appareil.

POUR connoître 1°, l'effet que le tors produit sur une corde, on choisit une écheveau de fil bien uni ; on en coupe plusieurs brins de même longueur, on peut les supposer de même force, à très-peu de différence près : on suspend chacun de ces brins & séparément à l'un des crochets R ; on attache des poids à leur extrêmité, jusqu'à ce que ces fils rompent : s'ils rompent sous l'effort de différens poids, on choisit un poids moyen entre ceux qu'on a employés pour les rompre, & ce poids exprime la force de ces fils. On prend alors plusieurs brins qu'on réunit & qu'on tord plus ou moins ; on suspend cette espece de corde à l'un des crochets R, & on voit, en répétant

l'expérience, qu'elle ne peut supporter, sans se rompre, la somme des poids que ces brins devroient supporter s'ils n'étoient point tors. Planche XVII.

2°. On suspend successivement aux crochets R, R, différentes paires de cordes, qu'on attache aux angles de la planchette P, (fig. 5.), & on la charge de poids suffisans pour tendre ces cordes. On les roule ensuite sur l'un des cylindres *cd*, *cd*, *cd*, (fig. 7.), on enveloppe ces cylindres d'un ruban *ef*, accroché aux petites pointes dont nous avons parlé. Ce ruban est destiné à porter le bassin d'une balance : on charge successivement ce bassin pour qu'il entraîne le cylindre : il faut avoir soin sur-tout que les parties de ces cordes ne frottent point les unes contre les autres. Or, en procédant de la même maniere pour chaque paire de corde, & en changeant de cylindres, on observe, Fig. 5. Fig. 7.

1°. Que des cordes de différens diametres, ayant à supporter le même degré de tension sur un même cylindre, font éprouver une résistance qui croît en raison directe du diametre des cordes.

2°. Que les mêmes paires de cordes enveloppées successivement sur des cylindres de différens diametres, font éprouver une résis-

Planche XVII.

tance d'autant plus grande que les diametres de ces cylindres ſont plus petits, quoique cette réſiſtance ne ſuive pas, à beaucoup près, la raiſon inverſe du diametre de ces cylindres,

SECTION CINQUIEME.

Des Appareils néceſſaires pour les expériences de l'Hydroſtatique.

L'HYDROSTATIQUE traite de la preſſion & de l'équilibre des liqueurs de toutes eſpeces, *homogenes* ou *hétérogenes*. Elle traite encore de la preſſion & de l'équilibre des ſolides plongés dans les liquides. Nous ne comprendrons ici ſous le nom de liquides que ceux qui ne paroiſſent point ſuſceptibles de compreſſion, & nous diviſerons cette Section en cinq Articles. Le premier traitera des appareils propres à démontrer les loix générales de la preſſion des liquides de toute eſpece. Le ſecond aura pour objet les appareils avec leſquels on démontre les loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes. Le troiſieme fera connoître ceux dont on ſe ſert pour démontrer les loix particulieres de la preſſion

Diviſion de cette Sect.

& de l'équilibre des liqueurs hétérogenes. Le quatrieme exposera les appareils nécessaires pour examiner les loix de la pression & de l'équilibre des solides plongés dans les liquides. Le cinquieme enfin comprendra tous les appareils propres à faire connoître les phénomenes des tubes capillaires. Planche XVII.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils propres à démontrer les loix générales de la pression des liquides de toute espece.

UNE erreur fondée sur une observation mal vue faisoit croire à nos Anciens que les liquides étoient dépourvus de pésanteur, lorsqu'ils faisoient partie d'une masse de liquide de même espece. De-là cette proposition fameuse dans l'ancienne Ecole, *liquida non gravitant in propriis locis.* Quoique depuis long-temps détruite, le Physicien peut encore rappeller cette erreur, examiner le fondement sur lequel elle portoit, & rendre raison du phénomene qui y avoit donné lieu, & s'il veut la réfuter complétement par la voie de l'expérience, l'appareil suivant est on ne peut plus propre à cet effet.

Planche XVIII.

Premier Appareil.

Appareil pour démontrer que les liquides pesent dans leur propre élément. Fig. 1.

A l'un des bras d'une balance AB, (Pl. XVIII, fig. 1.), on suspend un flacon C, surmonté d'un robinet DE, qui s'adapte à la platine de la machine pneumatique. On dispose au-dessous de ce flacon un grand vaisseau de cristal FG, rempli d'eau ou de tout autre liquide.

Usage

De cet Appareil.

On fait d'abord le vuide dans le flacon C, qui doit être assez pesant pour ne pas surnager lorsqu'il est plongé dans l'eau ; s'il étoit nécessaire, on auroit soin de le lester de plomb avant de faire l'expérience. Le vuide étant fait, on le suspend à l'un des bras de la balance, & on le fait plonger entiérement dans l'eau du vaisseau FG. On le met en équilibre avec un contre-poids suffisant, placé dans le bassin P; on ouvre après cela le robinet: le flacon se remplit d'eau & il devient prépondérant. Si on rétablit l'équilibre, en ajoutant un nouveau poids à celui qui est en P, on verra que ce poids est parfaitement égal

à celui de la masse d'eau qui s'est introduite dans le flacon. Planche XVIII.

Cette expérience n'exige point absolument tant de précautions : je me contente d'un flacon ordinaire fermé avec un bouchon usé à l'émeril, & je m'exempte de faire le vuide. L'erreur qui se trouve réellement dans mon résultat ne va pas à trois grains & doit être réputée zero.

Soumis à l'action de la pesanteur, les liquides n'ont point, comme les solides, un centre commun de gravité, où l'effort de cette pesanteur se réunisse : leurs parties agissent & exercent leur pression indépendamment les unes des autres. Théorie importante à développer & qu'on peut confirmer avec l'appareil suivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer que les parties des liquides exercent leur pression indépendamment les unes des autres. Fig. 2.

DO, (Pl. XVIII, fig. 2.), est un grand vaisseau de cristal fermé inférieurement par un fond de métal qui y est exactement mastiqué & qui porte une ouverture d'un pouce ou environ de diametre. A cette ouverture est adaptée une douille de cuivre EF, bien cylindrique ou exactement calibrée dans son intérieur. Cette douille porte une vis intérieure en E,

Planche XVIII. ſur laquelle on monte le tube MN, muni d'une vis appropriée à celle de la douille & garnie d'un cuir gras ſur ſon collet pour fermer exactement leur jonction. La partie F, extérieure de cette douille, eſt de deux à trois pouces de longueur. G eſt un piſton qui gliſſe graſſement dans ſon intérieur & qui eſt arrêté dans ſa chûte par un petit cercle qui ſe viſſe au bas de la douille.

Le piſton G porte un anneau par lequel on le ſuſpend à un fil ou à une tige de métal qui s'attache en H, au bras d'une balance HI, ètablie ſur un ſupport KL, fixement arrêté ſur la tablette A. Celle-ci eſt ſoutenue ſur trois pieds dont la hauteur eſt telle que l'extrêmité F de la douille, arrive vers le fond du baſſin R.

USAGE

De cet Appareil.

On poſe la tablette A ſur le baſſin R de criſtal, ou de toute autre matiere; on monte le tube MN ſur la douille EF, & on place le piſton G au niveau du fond du vaiſſeau DO: on l'attache aú bras H de la balance & on le contient dans cette poſition par un petit poids P, ſuſpendu au bras oppoſé I.

On remplit d'eau le tube MN, jusqu'à ce que ce liquide soit arrivé à une hauteur suffisante pour entraîner le poids P & pour vaincre le frottement du piston. Supposons que cette hauteur soit désignée par *ab*, on a soin de la marquer sur le vaisseau DO, & on se sert assez commodément pour cela d'un petit morceau de papier mouillé qu'on colle sur un des points de la surface de ce vaisseau. Planche XVIII.

Cette premiere expérience faite, on supprime le tube MN; on replace le piston dans la même position & on verse de l'eau dans le vaisseau DO. On remarque alors que le piston G ne céde à la pression de cette nouvelle masse d'eau que lorsqu'elle est parvenue à la même hauteur *c* : d'où l'on conclud que toute la masse d'eau n'agit point ici contre le piston, mais seulement la petite colonne qui lui est perpendiculaire & qui repose dessus, & conséquemment que les parties des liquides agissent indépendamment les unes des autres.

Les liquides ont encore cette propriété qu'ils exercent leur pression en toute sorte de sens, proposition importante en hydrostatique, & dont on peut constater la vérité par les appareils suivants.

Planche XVIII.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer que les liquides exercent leur pression en tous sens. Fig. 3.

CDEF, (Pl. XVIII, fig. 3.) est un tube de verre recourbé & dont la branche CD, est de beaucoup plus longue que la branche EF.

USAGE

De cet Appareil

CE tube étant plongé dans le vaisseau AB, rempli d'eau, on voit ce liquide parcourir les branches FE, ED, DC.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la pression latérale des liquides. Fig. 4.

AB, (Pl. XVIII, fig. 4.), est un flacon de cristal percé latéralement en C; on adapte à cette ouverture un petit tube de cuivre.

USAGE

De cet Appareil.

LE flacon étant rempli d'eau, on le bouche & l'eau demeure dans le flacon; ce qui dépend de la résistance que l'air extérieur oppose en C. On ouvre le flacon & on voit aussi-tôt l'eau jaillir par le tube & décrire une courbe parabolique; phénomene qui dépend de

de la pression latérale de l'eau & de l'action de la pesanteur qui la maîtrise à la sortie du tube. Planche XVIII.

CINQUIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la pression que les liquides exercent de bas en haut. Fig. 5.

AB, (Pl. XVIII, fig. 5.), est un grand vaisseau de cristal rempli d'eau. CD est un autre petit vaisseau ouvert à ses deux extrêmités. On applique, contre l'ouverture inférieure de ce dernier, une plaque de métal E, garnie d'un cuir mouillé. Cette plaque est attachée à un fil *ab.* Le bord supérieur du cylindre est garni d'une virole qui porte deux oreilles F & G, suffisamment longues pour s'appuyer de part & d'autre sur les bords du vaisseau A B. Souvent on se contente de le tenir à la main.

USAGE

De cet Appareil.

ON retient avec le fil *ab*, la plaque de métal E, contre l'ouverture du cylindre CD, & on le plonge dans le vaisseau AB. On fait reposer les oreilles F & G sur les bords du vaisseau, ou on le tient à la main. On abandonne le fil *ab*, & la plaque E demeure adhérente à l'orifice inférieur du vaisseau CD,

Planche XVIII.

nonobstant l'effort de la pesanteur qui tend à l'en séparer & à la précipiter au fond du vaisseau.

On conçoit aisément d'après la connoissance des propriétés que nous venons d'indiquer, que le fond d'un vaisseau quelconque ne peut être pressé que par la seule colonne de liquide qui repose dessus, & que cette pression doit être d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que la hauteur perpendiculaire de cette colonne est plus grande, ce qu'on démontre avec l'appareil suivant.

SIXIEME APPAREIL.

Appareil pour demontrer que la pression d'un liquide est en raison de sa hauteur perpendiculaire, toutes choses égales d'ailleurs. Fig. 6.

A l'un des bras d'une balance AB, (Pl. XVIII, fig. 6.), on suspend un vaisseau de cristal C, en partie rempli d'eau, supposons jusqu'en *ab*; on met ce vaisseau & la masse d'eau qu'il contient en équilibre avec un contre-poids suffisant P.

D est un cylindre creux de métal, mais très-léger; on le fait communément de fer blanc verni. Ce cylindre est attaché à une tige E, qui s'éleve & qui s'abaisse sur la longueur de la colonne GH; on le contient à une hauteur convenable par une vis de pression *e*.

Planche XVIII.

USAGE

De cet Appareil.

L'EFFORT de l'eau & du vaisseau C qui la contient étant déterminé par le contre-poids P, on dirige le cylindre D de maniere qu'il plonge dans la masse d'eau. A proportion qu'il s'y enfonce, il en déplace une plus grande masse qui reflue dans les colonnes collatérales & qui élevent d'autant la surface de ce liquide, supposons jusqu'en *cd* : il ne se fait donc ici d'autre changement que dans la hauteur de l'eau, dont la quantité demeure toujours la même. Or, la pression contre le bras B de la balance devient proportionnellement plus grande.

Veut-on démontrer maintenant que cette augmentation de pression n'est pas due au poids du cylindre D, qui plonge dans l'eau, mais bien à la hauteur de l'eau au-dessus du fond du vaisseau C ? on rétablit l'équilibre en ajoutant un nouveau poids : on remplit ensuite le cylindre D de menu plomb. Son poids peut alors devenir décuple, & malgré cela l'équilibre subsiste, parce que la hauteur de l'eau demeure la même.

On démontre pareillement que la bafe du vaiffeau étant plus large, elle porteroit un plus grand nombre de colonnes & conféquemment qu'elle fupporteroit, toutes chofes égales d'ailleurs, une plus grande preffion. La preffion des liquides fur le fond des vaiffeaux qui les contiennent, eft donc en raifon compofée de la grandeur de la bafe & de la hauteur perpendiculaire, comme nous l'avons démontré dans nos *Leçons de Phyfique expérimentale*, & comme on peut le confirmer avec l'appareil fuivant.

Septieme Appareil.

Planche XIX. Appareil des vafes de Pafchal. Fig. 1.

Sur les deux petits côtés d'une caiffe AB, (Pl. XIX, fig. 1.), s'élevent deux montans CD, CD, dans la largeur defquels gliffent à rainures & à languettes, les deux queues F, F, d'une traverfe GH. Cette traverfe porte deux fupports K, I, fur le haut defquels roulent les deux axes de deux romaines M, L. Ces romaines font terminées de part & d'autre par deux arcs de cercle, décrits du centre commun de leur mouvement.

La traverfe GH, eft ouverte en *ef*, pour laiffer paffer un cordon dont les extrêmités

ſont attachées en *a* & *b*, & auquel on accro- Planche XIX.
che le fil de laiton *cd*, dont nous parlerons dans un moment.

Vers le milieu de la caiſſe AB, eſt monté à vis un cylindre de cuivre NO, de ſix pouces de hauteur & de trois à quatre pouces de diametre, ſuivant la groſſeur du vaſe cylindrique R.

Dans ce cylindre, qui doit être exactement calibré ſelon toute ſa hauteur intérieure, gliſſe un piſton P, fait de pluſieurs tranches de cuir bien arrondies & bien ſerrées entre deux platines de cuivre, un peu moins larges que les cuirs. Ce piſton doit gliſſer graſſement dans ce cylindre & le remplir aſſez exactement pour ſceller l'eau.

Pour retenir le piſton & l'empêcher de tomber dans la caiſſe, on viſſe au bas du cylindre NO, un fond ouvert, à ſon centre, d'un trou de deux pouces ou environ de diametre, pour que l'air ait la liberté de s'échapper lorſque le piſton deſcend. On monte pareillement à vis un cercle de cuivre dans l'intérieur & ſur le bord ſupérieur du cylindre NO, lorſque le piſton P, eſt en place. Ce cercle fait un rebord qui retient ce piſton & qui l'empêche, lorſqu'il s'éleve, de venir frapper

Planche XIX. contre le bord des vaiſſeaux de criſtal qui ſurmontent le cylindre.

R, S, T, ſont trois vaiſſeaux de criſtal de formes & de capacités différentes, mais réduits vers le bas au même diametre, par des viroles de cuivre qui y ſont maſtiquées.

Le premier R eſt cylindrique & de même diametre que le piſton P, qui lui ſert de baſe, lorſqu'il eſt monté ſur le cylindre NO. Le ſecond S, eſt extrêmement évaſé par le haut. Le troiſieme T, n'eſt qu'un tube d'un pouce ou environ de diametre, mais élargi vers le bas par une virole de cuivre V, qui le ramene aux mêmes dimenſions que le précédent; il eſt ſurmonté d'une eſpece d'entonnoir X, deſtiné à recevoir l'eau qui excéderoit les bords de ce vaiſſeau dans l'opération.

Ces trois vaiſſeaux ſe montent ſucceſſivement ſur le cylindre NO, & on a ſoin d'interpoſer un cuir mouillé dans leur jonction, pour fermer le paſſage à l'eau qui pourroit ſe filtrer par les vis & s'écouler.

Planche XIX.

USAGE

De cet Appareil.

1°. Le vaisseau cylindrique R, étant établi sur la machine, on attache le piston P, qui lui sert de base, à l'une des extrêmités de la tige de métal *cd*. On suspend cette tige aux cordons qui sont attachés aux romaines M, L; on fait descendre le piston P, dans le cylindre NO, jusqu'à ce que les deux bras *a*,*b*, de ces romaines soient totalement abaissés; ce qui donne plus de jeu à ces balances, faites pour trébucher en sens contraire pendant l'expérience. On remplit d'eau le vaisseau R, jusqu'à une hauteur connue & désignée par une marque *g*, sur la queue *dc*, du piston. On suspend alors aux extrêmités *h* & *i* des romaines, des poids *p*, *p*, qui soient suffisans pour enlever le piston P.

Abstraction faite du frottement que ce dernier éprouve lorsqu'il se meut dans le cylindre NO, frottement qu'on peut supposer le même dans tous les cas, on juge par ces poids de la pression de l'eau contre le fond du vaisseau R.

2°. On substitue le vaisseau S au vaisseau R & on dispose les romaines de la même ma-

Planche XIX.

niere. On remplit d'eau ce vaiſſeau juſqu'à la même hauteur *g*, & quoique la maſſe d'eau ſoit quadruple & même ſouvent plus que quintuple de la précédente, ſuivant la capacité du vaiſſeau S & la hauteur *g*, les mêmes poids *p*, *p*, ſuffiſent encore pour enlever le piſton & faire trébucher les romaines.

On doit obſerver ici que dès le moment où les romaines commencent à trébucher, leur mouvement accélére & qu'elles trébuchent bien plus promptement que dans le cas précédent ; ce qui vient de ce que la hauteur de l'eau diminue au-deſſus du piſton P, à proportion que celui-ci s'éleve & que l'eau paſſe du cylindre NO, dans le vaiſſeau S, où elle prend plus de ſurface.

3°. On ſubſtitue le vaiſſeau T, & les choſes étant dans le même état que précédemment, il ne faut pas moins que les poids *p*, *p*, pour enlever le piſton, quoique la maſſe d'eau ſoit incomparablement moins grande que dans le cas précédent.

Il y a plus, comme l'eau qui paſſe du cylindre NO dans le tube T, acquiert une plus grande hauteur au-deſſus du piſton, on obſerve ici que les romaines trébuchent plus lentement que dans les deux premieres expé-

riences, jusqu'à ce qu'elle se soit portée dans l'entonnoir X, où sa hauteur diminue, à cause de l'étendue de sa surface. Planche XIX.

Quoique l'expérience démontre incontestablement que la pression des liquides sur le fond des vaisseaux qui les contiennent, est en raison composée de la base & de la hauteur perpendiculaire, on doit expliquer comment il arrive que cette pression ne soit pas plus grande dans le vaisseau S, que dans le vaisseau R, & comment elle est aussi considérable dans le vaisseau T que dans les deux précédens.

Observation sur cette expérience.

Il ne faut pas se contenter de suspendre aux romaines des poids qui ne soient que suffisans pour enlever le piston dans le premier cas. On conçoit facilement que ces trois expériences exigeant un certain temps, le piston demeure pendant ce temps exposé au contact de l'eau; il s'en imbibe peu-à-peu & son frottement augmente à proportion. On rémedie autant qu'il est possible à cet inconvénient, en enduisant bien avec de l'huile la surface du piston; mais malgré cette précaution, il faut toujours que les poids excédent d'une once ou deux ceux qui seroient strictement nécessaires, si le frottement demeuroit constam-

Planche XIX.

ment le même pendant tout le temps de l'expérience.

Cette théorie, bien entendue, conduit à des applications importantes dans la pratique & fournit la solution du problême suivant. *Faire produire à une très-petite quantité d'eau, ou de tout autre liquide, le même effet qu'on pourroit attendre de plusieurs muids du même liquide.*

On doit appliquer encore la même théorie à la pression des liquides sur les parois latérales des vaisseaux, & faire voir qu'à raison de la différence dans la hauteur du liquide, sur tous les points correspondans de ces parois, elles ne portent point une même pression que la base de ces vaisseaux.

Si la pression d'un liquide, toutes choses égales d'ailleurs, augmente à raison de sa hauteur, on conçoit qu'un corps plongé dans un liquide, doit éprouver d'autant plus de pression, qu'il est plus profondément plongé; théorie importante à développer, par la multitude d'applications qu'on peut en faire.

Huitieme Appareil.

Appareil fait pour démontrer que

C, (Pl. XIX, fig. 2.), est une petite vessie au col de laquelle on lie fortement un tube de

verre DE. Cette vessie doit être remplie, ainsi qu'une portion du tube, d'une liqueur colorée, supposons jusqu'en *r*. AB est un grand vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur & rempli d'eau.

Planche XIX. la pression contre un corps plongé augmente à raison de son immersion. Fig. 2.

USAGE

De cet Appareil.

En plongeant la vessie à une certaine profondeur, supposons jusqu'en F, elle éprouve une pression en tous sens qui fait monter la liqueur dans le tube, & elle y monte à une hauteur d'autant plus grande qu'elle est plus profondément plongée. Il est nombre de phénomenes dépendans de cette pression en tous sens, qui méritent d'être connus. En supposant toujours que les liquides ne cédent point à la compression qu'on leur fait éprouver, on peut démontrer par une expérience assez analogue, qu'un enfant, par exemple, renfermé dans le sein de sa mere, y est à l'abri, jusqu'à un certain point, de toute compression extérieure, à raison des eaux dont il est enveloppé.

Planche XIX.

Neuvieme Appareil.

Appareil fait pour démontrer qu'un corps renfermé dans un liquide y est à l'abri de toute compression extérieure.

Fig. 3.

V, (Pl. XIX; fig. 3.), est un grand vaisseau cylindrique de métal, dans lequel on pose une vessie B, remplie d'eau, & dans laquelle on a renfermé un œuf ordinaire. C, est une planche épaisse, proportionnée à la capacité du vaisseau dans lequel elle doit se mouvoir avec liberté. Cette planche est surmontée de trois à quatre colonnes qui portent une seconde planche D, aussi épaisse que la premiere & suffisamment large pour qu'un homme puisse monter dessus & s'y tenir commodément.

Usage

De cet Appareil.

Les choses étant ainsi disposées, un homme monte sur la planche D, & conséquemment exerce une pression de plus de cent livres contre la vessie. Or, l'expérience démontre que l'œuf supporte, sans se casser, cette pression, qui se distribue uniformément en tous sens.

Planche XIX.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer les Loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes.

IL y a équilibre entre les colonnes d'une masse homogene liquide, lorsque toutes ces colonnes sont de même hauteur, & elles tendent toutes constamment à atteindre à cette égalité de hauteur, lors même qu'elles sont renfermées dans des vaisseaux communiquans, quelques éloignés qu'ils soient.

PREMIER APPAREIL.

Appareil des tubes communiquans. Fig. 4, 5 & 6

SUR des planches verticales RS, (Pl. XIX, fig. 4, 5 & 6.), sont attachés des tubes communiquans de même diametre. Ces tubes ABC, (fig. 4.), sont paralléles entre eux. l'un AB, (fig. 5.), est vertical & l'autre BC, oblique & incliné à l'horison. Le troisieme AB, (fig. 6.) est encore vertical, & son communiquant BC, affecte différens contours.

USAGE

De cet Appareil.

TOUTE liqueur verſée dans l'un des trois tubes AB, paſſe & s'éleve dans le ſecond BC, & s'y éleve juſqu'à ce qu'elle ſoit arrivée à la même hauteur perpendiculaire.

SECOND APPAREIL.

Planche XX. Autre appareil des tubes communiquans. Fig. 1.

A, (Pl. XX, fig. 1.), eſt un grand vaiſſeau de criſtal, ouvert à ſes deux extrêmités. L'inférieure eſt cimentée dans une virole de cuivre V, qui ſe monte à vis ſur un pied X, de même métal. A l'une des parties latérales de cette virole eſt ſoudé un tube de cuivre BC, ouvert en B, & qui communique avec la capacité du vaiſſeau A, & conſéquemment établit une communication entre ce vaiſſeau & les différens tubes qu'on peut ſucceſſivement monter ſur la maſſe de cuivre C, creuſée en forme de robinet. D eſt un robinet intermédiaire deſtiné à ouvrir, ou à fermer à volonté cette communication. G eſt une vis qui porte un collet revêtu d'un cuir gras; on ſupprime cette vis lorſqu'on veut évacuer les tubes & on a ſoin de fermer alors le robinet D.

EF, HI, KL, ſont trois tubes ; le premier cylindrique & droit, le ſecond pareillement cylindrique, mais coudé vers le bas, pour qu'il puiſſe devenir oblique à l'horiſon, & le troiſieme formant différentes inflexions. Chacun de ces tubes porte quatre à cinq lignes de diametre, & eſt monté dans une virole de cuivre travaillée comme la clef d'un robinet & ajuſtée ſur la maſſe de cuivre C. Planche XX.

USAGE

De cet Appareil.

On monte d'abord ſur cet appareil le tube cylindrique & perpendiculaire EF ; on remplit d'eau le vaiſſeau A, juſqu'à une hauteur donnée, ſuppoſons *ab* : on ouvre le robinet D, & on voit la liqueur s'élever dans le tube EF, & s'y élever juſqu'en *o*, niveau de *ab*. On ferme le robinet D ; on ſupprime la vis G, & on évacue ce premier tube, pour ſubſtituer à ſa place le tube HI, cylindrique & coudé, de façon que ſa longueur HI, devient oblique à l'horiſon. Le robinet D étant encore ouvert, la liqueur s'éleve dans ce tube à la même hauteur perpendiculaire *o*. Ce ſecond tube évacué comme le précédent, on monte

Planche XX.

le tube KL ; on répéte l'expérience & la hauteur de l'eau arrive encore en *o*.

Il paroît donc évident que dans tous les vaisseaux communiquans quelconques, les liqueurs homogenes s'élevent à la même hauteur pour atteindre à leur équilibre, quelles que soient la capacité & la forme des vaisseaux qui communiquent entre eux, en supposant toutes fois qu'il ne s'en trouve point quelques-uns parmi ces vaisseaux, qui soient capillaires, ce qui feroit une exception à la loi générale de l'équilibre dont nous venons de parler : exception qui mérite la plus grande attention de la part du Physicien, & dont nous traiterons en particulier dans le dernier Article de cette Section.

Observation importante sur les effets des tubes communiquans.

On observe encore une exception, ou mieux un obstacle qui s'oppose quelquefois à l'effet que nous venons de démontrer. Lorsque les vaisseaux qui communiquent avec le principal réservoir, sont longs & tortueux, il arrive souvent que plusieurs petites masses d'air s'engorgent dans les courbures de ces vaisseaux & obstruent leur capacité. Dans ce cas, l'eau ne peut s'élever à la même hauteur que dans le réservoir ; & si ces vaisseaux sont destinés à distribuer de l'eau dans d'autres

réservoirs,

réservoirs, il arrive souvent que leur fonction est suspendue, quoique le principal réservoir soit rempli & en état de fournir à la dépense. C'est ce qui arrive à ces conduites d'eau qui rampent sous terre, & qui par différentes inflexions portent de l'eau à des distances éloignées d'un bassin dans un autre. On remédie à cet inconvénient en pratiquant des clefs de robinet sur les courbures de ces vaisseaux & en ouvrant ces clefs pour donner issue à l'air, dans les cas d'engorgemens. L'appareil suivant représente assez sensiblement ce phénomene.

Planche XX.

Troisieme Appareil.

Appareil fait pour demontrer les engorgemens qui arrivent aux tuyaux de conduite. Fig. 2.

Sur une tablette AB, (Pl. XX, fig. 2.), s'élevent deux montans CD, EF, entre lesquels on établit le tube de verre tortueux GHIK, de quatre à cinq lignes de diametre, & sur les courbures duquel on a pratiqué des ouvertures *b*, *b*, qu'on ferme exactement avec des bouchons de liege & de la cire molle. L est un petit réservoir placé sur l'extrêmité de la tablette & destiné à recevoir l'eau qui doit s'évacuer par le bec *a* du tube.

Planche XX.

USAGE

De cet Appareil.

SI on verse brusquement de l'eau par l'orifice G, elle parcourra la longueur du tube; mais l'air dont il sera rempli ne pouvant s'échapper entiérement par l'orifice *a*, il s'en ramassera des bulles sur les courbures *b*, *b*, qui engorgeront ces espaces. L'eau cessera donc alors de couler par le bec *a*, & on la verra élevée au-dessus du niveau K, dans le tube vertical G. Si on débouche les ouvertures *b*, *b*, l'air s'échappera, l'eau recommencera à couler en *a*, jusqu'à ce qu'elle soit descendue au niveau K; & si on continue à verser de l'eau par le canal G, elle coulera constamment & elle s'évacuera dans le réservoir L.



Planche XX.

Article Troisieme.

Des Appareils propres à démontrer les loix particulieres de la pression & de l'équilibre des liqueurs hétérogenes.

Si plusieurs liqueurs hétérogenes sont renfermées dans un même vaisseau & qu'on vienne à agiter cette masse pour les mêler & les combiner ensemble, la différence de leurs densités suffira pour les séparer les unes des autres, en supposant toutes fois qu'elles n'aient point une trop grande affinité pour se combiner, & elles reprendront chacune la place due à leur densité respective.

Premier Appareil.

Phiole des quatre élémens. Fig. 3.

AB, (Pl. XX, fig. 3.) est une phiole cylindrique de sept à huit pouces de hauteur, remplie en partie de quatre liqueurs; de mercure C, d'huile de tartre par défaillance D, d'esprit-de-vin coloré sur orseille E, & d'huile de pétrole F. C'est cette phiole qu'on connoît de tout temps en Physique, sous le nom de *phiole des quatre élémens.* On peut sup-

Planche XX.

primer le mercure, les trois autres liqueurs suffisent pour démontrer la proposition dont il est ici question.

Usage

De cet appareil.

Si on agite la phiole & si on mêle les liqueurs, il en résultera une masse hétérogene & opaque. Si on pose ensuite cette phiole sur une table & qu'on l'y laisse en repos, les liqueurs se sépareront & se placeront les unes au-dessus des autres, dans l'ordre indiqué ci-dessus.

Pour faire que des liqueurs qui seroient miscibles puissent se séparer à raison de la différence de leur densité, on se sert de l'appareil suivant.

Second Appareil.

Le passe-vin. Fig. 4.

A, (Pl. XX, fig. 4.), est une espece d'ampoule qui peut contenir un verre de vin : cette ampoule est surmontée d'un canal C, gros comme une plume à écrire : il établit une communication entre l'ampoule A & la coupe B.

Planche XX.

USAGE

De cet Appareil.

On remplit de vin l'ampoule A, jusqu'au milieu ou environ du canal C, on verse ensuite de l'eau dans la coupe B, & on laisse l'instrument en repos sur une table : l'eau se précipite progressivement & descend dans l'ampoule A, tandis que le vin s'éleve & se filtre à travers la masse d'eau qu'il vient recouvrir, jusqu'à ce que toute l'eau s'étant précipitée, elle ait fait remonter le vin renfermé dans l'ampoule A.

Quelqu'usitée que soit la forme de ce vaisseau, on peut faire l'expérience avec tout autre : il suffit que les deux liqueurs soient séparées l'une de l'autre & ne puissent communiquer ensemble que par un canal étroit. Elle réussira également avec le matras A, (fig. 5.), dont la queue très-étroite sera suffisamment longue pour arriver au fond du vaisseau DE, dans lequel on aura mis suffisamment de vin pour remplir la boule A. Fig. 5.

Elle réussit encore également lorsqu'on renverse brusquement une bouteille pleine d'eau, par le trou qu'on pratique communément

Planche XX.

ſur le ventre d'un poinçon. La bouteille ſe vuide d'eau & ſe remplit de vin , mais il faut pour cela que le poinçon ſoit ſuffiſamment plein pour que le col de la bouteille plonge dedans.

Fig. 6.

On peut encore, lorſqu'on veut rendre cette expérience myſtérieuſe, renfermer l'ampoule qui contient le vin, dans une caiſſe AB (fig. 6.); il ne paroît alors au-deſſus de la caiſſe qu'un petit vaſe, en forme de burette, rempli d'eau & on voit inſenſiblement cette eau ſe convertir en vin.

Si les liqueurs ſpécifiquement moins peſantes ont une tendance à ſe ſéparer & à s'élever au-deſſus de celles qui ſont ſpécifiquement plus peſantes & qui ſont renfermées dans le même vaiſſeau, les premieres ne perdent rien pour cela de leur tendance vers le centre des graves. C'eſt un des paradoxes hydroſtatiques propoſés originairement par le célebre *Boyle*, & qu'on démontre facilement avec l'appareil ſuivant.

Appareil pour démontrer qu'une liqueur plus légere peſe ſur une autre plus peſante. *Fig. 7.*

Troisieme Appareil.

A, (Pl. XX, fig. 7.), eſt un vaiſſeau de huit à dix pouces de hauteur, ouvert latéralement en C & communiquant avec le tube BD.

Planche XX.

USAGE
De cet appareil.

On verse dans le fond de ce vaisseau une liqueur d'une densité connue, de l'eau, par exemple, & on en verse suffisamment pour qu'il en passe dans le tube BD, supposons jusqu'en *ab* : on marque cette hauteur avec un fil. On verse ensuite par-dessus une seconde liqueur dont la pesanteur spécifique soit de beaucoup plus petite que celle de la premiere, de l'huile, par exemple, on voit alors l'eau qui s'éleve plus ou moins au-dessus de *b*, dans le tube communiquant; non cependant au point d'arriver au niveau de la seconde liqueur, parce que l'eau étant plus dense que l'huile, elle sera en équilibre avec la colonne mixte correspondante, lorsqu'elle sera parvenue à une hauteur moyenne, conformément aux loix de l'équilibre entre les liqueurs hétérogenes.

On démontre en effet, que si des liqueurs hétérogenes agissent les unes contre les autres, dans des vaisseaux communiquans, elles seront en équilibre, lorsque leurs hauteurs perpendiculaires seront en raison réciproque de leurs densités.

Planche XX.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil pour démontrer la loi de l'équilibre entre des liqueurs hétérogenes. Fig. 8.

P, (Pl. XX, fig. 8.), est une tablette verticale sur laquelle on attache un syphon ABC, dont la longue branche AB porte environ quinze pouces de hauteur.

USAGE

De cet Appareil.

ON sait que la pesanteur spécifique du mercure, est à celle de l'eau dans le rapport de 13 $\frac{2}{3}$ à 1; & on se sert communément de ces deux liqueurs pour que l'expérience soit plus sensible.

On verse donc dans le syphon ABC, une quantité suffisante de mercure, pour que ce liquide puisse s'élever dans les deux branches du syphon, jusqu'à la hauteur d'un demi-pouce, & dans cet état les deux petites colonnes de mercure sont en équilibre. On verse ensuite par l'orifice A, une quantité d'eau suffisante pour que la colonne de ce dernier liquide s'éleve dans la branche AB, jusqu'à la hauteur de 13 pouces $\frac{2}{3}$; & on voit alors que toute la masse de mercure s'est portée dans la branche BC, où elle est élevée à la

hauteur d'un pouce, & les deux liqueurs sont en équilibre. Planche XX.

On s'est servi de ce principe, bien connu en Hydrostatique, pour évaluer les pesanteurs spécifiques de différentes liqueurs, & pour rendre ces sortes d'opérations plus faciles à manœuvrer, on a imaginé l'appareil suivant.

Cinquieme Appareil.

Aréometre à pompe. Fig. 9.

AB, (Pl. XX, fig. 9.), est un soc sur lequel s'éleve verticalement la tablette C D. On remarque sur cette tablette deux gouttieres qui reçoivent la demie épaisseur du syphon EFG, de quinze à dix-huit pouces de hauteur, dont la crosse F, est de métal. Sur la partie supérieure de cette crosse est adapté un petit canal taraudé, dans lequel on monte à vis la pompe de cuivre H, dont le piston ne peut être trop exact. On a soin d'interposer un cuir gras dans la jonction de la pompe & du canal qui la reçoit : les deux branches du syphon plongent dans deux petits vaisseaux de cristal I, L ; la planche est divisée de chaque côté par pouces & par lignes.

Planche XX.

USAGE

De cet Appareil.

ON remplit de deux liqueurs de différente denſité, les vaiſſeaux I & L, & on les remplit juſqu'à une même hauteur indiquée par la ligne de niveau *ab*. On fait alors monter le piſton de la pompe. On raréfie donc également l'air compris dans les deux branches du ſyphon ; l'air extérieur devient donc également prépondérant ſur la ſurface des deux liqueurs, & elles ſe portent l'une & l'autre dans les deux branches de ce ſyphon à des hauteurs réciproques à leurs denſités. Il faut avoir ſoin pour plus grande exactitude, de remettre des liqueurs dans les vaiſſeaux I & L, & de les contenir remplis juſqu'au niveau *ab*.



ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides plongés dans des liquides.

UN solide peut être spécifiquement plus ou moins pesant que le liquide dans lequel il est plongé ; il peut être quelquefois encore de même pesanteur spécifique. Dans le premier cas, il se précipite ; dans le second, il surnage ; dans le troisieme, il se tient dans tous les endroits de la masse de ce liquide, où on le porte. Nous ne nous occuperons spécialement que des deux premiers cas, qui sont les seuls qui méritent toute l'attention du Physicien. Nous diviserons donc cet Article en deux Paragraphes, mais nous croyons ne devoir point oublier de faire connoître auparavant un appareil assez simple & assez ingénieux pour représenter les trois cas que nous venons d'indiquer. Division de cet Article.

APPAREIL.

Planche XXI.

DANS une phiole AB, (Pl. XXI, fig. 1.), remplie d'eau & d'un peu d'esprit-de-vin, Le Ludion. Fig. 1.

Planche XXI.

pour la fouftraire à la gelée pendant l'hyver ; on renferme une figure d'émail C. A la tête de cette figure eft attachée une ampoule de verre creufe, fur laquelle on tire, à la lampe de l'Emailleur, un petit bec ouvert en *a*. Cette ampoule eft en partie remplie d'eau & en partie d'air, de façon que le tout eft fpécifiquement moins pefant que l'eau.

USAGE

De cet Appareil.

La phiole étant exactement remplie, on la bouche avec un parchemin mouillé qu'on lie fortement fur le collet de cette phiole ou avec un bouchon de liége, & nous préférons cette derniere méthode. La figure d'émail comme fpécifiquement moins pefante, demeure au haut de la bouteille. On preffe le bouchon avec le doigt; on comprime donc alors la maffe d'eau, & ce fluide fe portant du côté où il éprouve moins de réfiftance, s'introduit en partie dans l'ampoule : le tout devient fpécifiquement plus pefant que l'eau, & la figure fe précipite. Si on ceffe de preffer le bouchon, l'air compris dans l'ampoule fe dilate, il chaffe l'eau qui

s'y est introduite; le tout devient spécifiquement moins pesant & la figure remonte. En modérant cette pression on parvient à ne laisser entrer de l'eau que ce qu'il en faut pour que la pesanteur spécifique de la figure soit la même que celle de l'eau, & cette figure demeure en repos dans l'endroit où elle se trouve. On donne à ces sortes de figures le nom de *ludion*. Planche XXI.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés.

POUR déterminer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés, on se sert d'une balance particuliere connue sous le nom de *balance hydrostatique*, dont nous allons donner la description & à laquelle nous joindrons celle des appareils qui doivent l'accompagner.

Planche XXI.

Premier Appareil.

Balance hydrostatique Fig. 2.

Le fleau AB, (Pl. XXI, fig. 2.), ne différe en rien de celui d'une balance ordinaire; il doit être très-exact & très-mobile & avoir quatorze à seize pouces de longueur. Posé sur un coq C, on suspend à ses extrêmités deux tiges de métal D,D, qui portent chacune un bassin de trois pouces ou environ de diametre. Au-dessous de chaque bassin sont deux anneaux ou deux crochets *a*, *a*, auxquels on attache des soies, ou mieux des crins pour y suspendre les corps qui doivent plonger dans l'eau.

Le coq C est fixé sur une lame de cuivre FG, dentée sur sa longueur, en forme de crémailliere. Cette lame se meut sur une seconde HI, à l'aide d'un pignon K, qui engraine dans les dents de la crémailliere. On retient la lame en situation par un cliquet à ressort *a*; il entre dans des dents creusées sur le bord opposé de la lame, & il soutient tout l'effort que la balance peut faire pour descendre. Veut-on la faire mouvoir de haut en bas ? on presse avec le doigt sur la queue du cliquet; on le désengraine & on fait mouvoir le pignon K en sens contraire. Le tout

eſt porté ſur un pied triangulaire LM, fixé ſur un plateau de cuivre N, qu'on calle & qu'on met de niveau par trois vis qui le traverſent & par le moyen d'un aplomb *cd*, dont la pointe doit répondre au centre de la platine N. Planche XXI.

La fléche ou l'aiguille O de la balance ſe meut devant un arc PQ, diviſé en un certain nombre de degrés. Cette fléche répondant à celui du milieu indique que le fleau eſt dans une ſituation horiſontale. Pour empêcher le fouet des tiges & que la balance ne vacille lorſqu'on fait mouvoir le pignon, la lame HI eſt arcboutée contre une conſole qui fait l'office d'une jambe de force.

DÉPENDANCES

De cet Appareil.

On place au-deſſous des baſſins de cette balance, deux grands gobelets de criſtal S,S, (Pl. XXI, fig. 2.), deſtinés à contenir les liqueurs dans leſquelles on plonge les corps qu'on ſoumet aux expériences. Dépendances de cet appareil. Fig. 2.

A & B (Pl. XXI, fig. 3 & 4.); ſont deux ſupports faits en forme de champignons, portés ſur des tiges ſuffiſamment hautes & Fig. 3, 4.

Planche XXI. garnis de crochets auxquels on ſuſpend pluſieurs pieces dépendantes de la balance hydroſtatique. Le ſupport A, porte pluſieurs billes, deux ſont d'yvoire, de même poids & de même volume ; les quatre autres ſont de cuivre, de fer, d'étain, de plomb ; toutes de même poids que chacune des billes d'yvoire & conſéquemment de différens volumes.

Le ſupport B porte un cylindre de cuivre A, de trois pouces ou environ de hauteur, & d'un pouce de diametre, ſurmonté d'un petit anneau qui ſert à le ſuſpendre au-deſſous d'une caiſſe cylindrique C. Celle-ci doit être rodée avec le cylindre A, de façon que ſa capacité intérieure réponde exactement & repréſente le volume de ce cylindre ; elle eſt ſurmontée d'une anſe & d'un crochet, pour être ſuſpendue au-deſſous de l'un des baſſins
Fig. 2. de la balance (fig. 2.)

D eſt un poids de cuivre fait pour équilibrer le cylindre A & ſa caiſſe C. E eſt une eſpece de petit ſceau de cuivre qu'on ſuſpend ſous différens poids, pour varier la valeur de ces poids, par le moyen de quelques grains de plomb qu'on y jette.

Fig. 5. CA (Pl. XXI, fig. 5.), eſt un cube de métal d'un pouce de face : il doit être fait

avec

avec la plus grande exactitude, pour répon- dre à l'usage auquel il est destiné. Planche XXI.

Ajoutez à ces appareils un poids de marc, une petite boëte remplie de grains, une pince à ressort pour prendre ces grains : elle est représentée (fig. 6.), & une espece de burette de cristal A, (fig. 7.), pour verser de l'eau plus commodément dans quelques circonstances. Fig. 6. Fig. 7.

USAGE

De ces Appareils.

VEUT-ON démontrer qu'un solide plus pesant spécifiquement que le liquide dans lequel il est plongé, y perd une partie de son poids ; on suspend les deux billes d'yvoire (fig. 3.), au-dessous des bassins de la balance ; elles sont en équilibre dans l'air. On remplit d'eau ou de tout autre liquide, l'un des gobelets S, (fig. 2.), & on dispose la balance de maniere que l'une des deux billes plonge dans l'eau, l'autre devient aussi-tôt prépondérante. Veut-on connoître la perte que le corps plongé fait de son poids ; on rappelle l'équilibre avec des poids de marc ou avec des grains dont on connoît la valeur.

Un corps plongé perd de son poids. Fig. 3. Fig. 2.

Planche XXI.

Il en perd autant que peſe le volume de liquide qu'il déplace.

Veut-on démontrer en général qu'un ſolide ſpécifiquement plus peſant qu'un liquide perd, par ſon immerſion, une partie de ſon poids égale au volume de liquide dont il prend la place ; voici comment on procéde.

Fig. 4.

On ſuſpend, au-deſſous de l'un des baſſins de la balance, la petite caiſſe C, (Pl. XXI, fig. 4.), & au-deſſous de cette caiſſe le cylindre A. On les met l'un & l'autre en équilibre avec le contre-poids D. (Il ſeroit bon que ce contre-poids ne fût point exact & qu'on fût obligé d'y ajouter le ſceau E & quelques grains de plomb.) Cela fait on deſcend la balance au point de faire plonger dans l'eau la totalité du cylindre A ; le contre-poids D devient prépondérant & on rétablit l'équilibre, en rempliſſant de la même eau le cylindre C. On ſe ſert pour cela de la burette A, (fig. 7.).

Fig. 7.

Applications de ce principe.

Le Phyſicien peut déduire de ce principe nombre d'applications plus curieuſes les unes que les autres. Il s'enſuit 1°. qu'un même corps ſpécifiquement plus peſant que différens liquides dans leſquels on le plonge ſucceſſivement, doit y perdre différemment de ſon poids, & c'eſt un moyen très-exact pour connoître la peſanteur ſpécifique de ces liqui-

Moyen de connoître la peſanteur ſpécifique des liquides.

des, théorie très-importante à développer. Planche XXI. Fig. 5.

On se sert pour cela du cube A, (Pl. XXI, fig. 5.). Ce cube ayant un pouce de face, son volume est exactement d'un pouce cubique, & conséquemment il déplace un pouce cube de la liqueur dans laquelle il est plongé. On connoît donc, dans chaque expérience qu'on répéte, ce que pese le pouce cube de cette liqueur, par les poids qu'on est obligé d'employer pour rappeller l'équilibre.

Il est encore un moyen plus usité, mais moins exact, pour connoître la pesanteur spécifique des liqueurs; nous en parlerons plus bas.

2°. Il suit du même principe que des corps de différentes densités, mais réduits au même poids dans l'air, perdent différemment de leur poids, lorsqu'ils sont plongés dans le même liquide, puisqu'à raison de la différence de leur volume, ils déplacent des volumes inégaux. On le prouve très-bien en suspendant l'une des billes d'yvoire (fig. 3.), Fig. 3.
au-dessous de l'un des bassins de la balance, & en suspendant successivement sous le bassin opposé les billes de métal que nous avons supposés de même poids, & en les faisant plonger de part & d'autre dans un même

Planche XXI.

Moyen de connoître la pesanteur spécifique des solides.

liquide, tel que l'eau : mais lorsqu'on veut connoître plus commodément, la pesanteur spécifique d'un corps par rapport à l'eau pure, il ne s'agit que de connoître la différence de son poids pesé dans l'air & ensuite dans l'eau, & de diviser après cela le poids de ce corps dans l'air par ce qu'il perd de son poids dans l'eau, autre théorie également importante à développer & dont on a fait le plus d'usage pour dresser des tables de pesanteur spécifique des solides. Ceux qui seront curieux de suivre un travail de ce genre, fait avec toute l'exactitude possible, pourront consulter le Cours de Physique expérimentale de *Muschenbroek*.

Observation importante à ce sujet.

Il est cependant bon d'observer que cette méthode n'est pas mathématiquement exacte ; puisqu'on ne peut connoître précisément le poids absolu d'un corps, parce que l'air dans lequel il est naturellement plongé, lui fait perdre une portion plus ou moins sensible de son poids.

Second Appareil.

Appareil fait pour démontrer qu'on ne peut connoître le poids absolu d'un corps.

Fig. 8.

AB, (Pl. XXI, fig. 8.), est un fleau de balance romaine, dont le bras CB est taraudé sur la longueur d'un pouce, afin de pouvoir

faire avancer ou reculer la poulie *a*. On suspend à cette poulie une grosse boule D, de cuivre, mince & creuse. P est une petite masse de plomb qui tient la boule D en équilibre dans l'air. Planche XXI.

USAGE

De cet Appareil.

On pose cet appareil sur la platine de la machine pneumatique, & on le recouvre du récipient R; tant que l'air du récipient est de même densité que celui de l'atmosphere, l'équilibre subsiste, mais dès qu'on évacue l'air & qu'on diminue sa densité, on voit la balance trébucher & la boule D devenir prépondérante; l'air dans lequel elle plonge lui fait donc perdre une partie de son poids absolu.

Planche XXI.

PARAGRAPHE SECOND.

Des Appareils propres à faire connoître les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement moins pesans que le liquide dans lequel ils sont plongés.

Un solide spécifiquement moins pesant que le liquide dans lequel il est plongé, surnage la surface de ce liquide & la surnage d'autant plus qu'il est spécifiquement moins pesant. Or, on démontre que dans tous ces cas le solide s'enfonce dans le liquide, jusqu'à ce qu'il en ait déplacé un volume égal à la totalité de son poids.

PREMIER APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la quantité de liquide déplacée par l'immersion d'un solide moins pesant. Fig. 9.

AB, (Pl. XXI, fig. 9.), est un vaisseau de cristal qui communique avec le tube CD, de quatre à cinq lignes de grosseur. E est un robinet destiné à évacuer l'eau des deux vaisseaux communiquans. F est une boule de métal mince & creuse. Cette boule est d'environ trois pouces de diametre & doit être vernie.

Fig. 10.

A, (Pl. XXI, fig. 10.), est un petit vaisseau de cristal suffisamment grand pour con-

tenir un verre d'eau ; il doit être attaché à des cordons de maniere qu'on puisse le suspendre à l'un des bras d'une balance. Planche XXI.

Usage
De cet Appareil.

On suspend le vase A, (fig. 10.), à l'un des bassins de la balance hydrostatique, & on le met en équilibre avec un contre-poids suffisant. On verse de l'eau dans le vaisseau AB, (fig. 9.), jusqu'à une hauteur déterminée, supposons *ab*. On marque cette hauteur avec un fil qui glisse sur la longueur du tube communiquant CD. On fait alors plonger dans l'eau du grand vaisseau la boule F, elle surnage & elle s'enfonce d'une certaine quantité dans la masse d'eau qu'elle déplace en partie & qu'elle fait monter au-dessus du fil, supposons jusqu'en *d*. On dispose alors le vase A, (fig. 10.), au-dessous du robinet E, & on évacue le vaisseau AB, jusqu'à ce que la hauteur de l'eau soit descendue en *b*. On a donc alors dans le vaisseau A, toute la quantité d'eau déplacée par l'immersion de la boule. Fig. 10. Fig. 9. Fig. 10.

On pese ensuite cette petite masse d'eau

contre la boule F, & on trouve que l'une & l'autre sont en équilibre.

C'est sur ce principe, connu dès la plus haute antiquité, qu'est construit *l'aréometre*, instrument, on ne peut plus ingénieux pour mesurer la pesanteur spécifique des liquides. Nous laissons au Physicien le soin de décrire plus particuliérement cet appareil, de faire remarquer toutes les modifications qu'on lui a fait subir pour le soustraire aux défauts essentiels qu'on lui a toujours reprochés. Nous nous bornerons à indiquer seulement les différences les plus sensibles qu'on a successivement introduites dans sa construction.

SECOND APPAREIL.

Planche XXII. Aréometre d'Hypacie. Fig. 1.

A, (Pl. XXII, fig. 1.), est une boule de verre soufflée, surmontée d'un tube BC, graduée en parties égales sur sa longueur. D est une petite boule qui tient à la premiere par son prolongement, & dans laquelle on renferme une petite quantité de mercure, pour que le centre de gravité de l'instrument soit disposé de maniere qu'il se tienne dans une situation verticale lorsqu'il est plongé. On observe seulement que la pesanteur spécifique de ce systême de corps soit de beaucoup

moindre que celle de toute espece de liquide dans lequel il doit être plongé. AB, (fig. 2.), est un vaisseau de cristal nécessaire aux expériences qu'on se propose de faire avec cet instrument. Planche XXII. Fig. 2.

USAGE

De cet Appareil.

On remplit d'eau distillée le vaisseau AB, (fig. 2.), & on plonge dedans l'aréometre (fig. 1.); il s'y enfonce jusqu'à ce qu'il ait déplacé un volume d'eau égal à la totalité de son poids. On marque alors zero à l'endroit où la queue de l'instrument répond à la surface de l'eau.

On conçoit aisément que si on plonge cet aréometre dans toute autre espece de liquide spécifiquement plus pesant que l'eau, tel, par exemple, que dans de l'eau salée, de l'eau minérale, &c. il s'y enfoncera d'autant moins profondément que la pesanteur spécifique de ces derniers liquides sera plus grande. On jugera donc de leur excès de pesanteur spécifique, par les degrés au-dessous de zero, qui se trouveront élevés au-dessus de la surface de ces liquides. Par la raison contraire, si on transporte le même instrument dans des

Planche XXII.

liquides ſpécifiquement moins peſans que l'eau, tels que différens vins, de l'eau-de-vie, de l'eſprit-de-vin, &c. il s'y enfoncera d'autant plus au-deſſus de zero, que la peſanteur ſpécifique de ces liqueurs ſera moindre que celle de l'eau.

Défauts de cet inſtrument.

Rien de plus ingénieux, à la vérité, que l'idée de cet inſtrument, mais ſa graduation étant arbitraire & ſon premier degré d'enfoncement étant dépendant du poids abſolu de l'inſtrument, on ne peut en faire deux qui ſoient comparables entre eux, & conſéquemment ces ſortes d'inſtrumens ne peuvent remplir exactement leur deſtination ; ils peuvent tout au plus indiquer que la peſanteur ſpécifique d'une liqueur eſt plus ou moins grande que celle d'une autre liqueur.

C'eſt donc ici qu'il convient de faire mention des travaux de pluſieurs célebres Phyſiciens qui ſe ſont occupés de la rectification de cet appareil.

Parmi ceux qui ſe ſont diſtingués en ce genre de travail, nous n'en connoiſſons point qui s'y ſoit pris d'une maniere plus induſtrieuſe que *Farenheit.* Si ſon procédé étoit plus ſimple & qu'on ne fût point obligé de faire pluſieurs calculs qui ne ſont point à la

portée de tout le monde & particuliérement de la plus grande partie de ceux qui sont les plus intéressés à la perfection de cet instrument, il est constant qu'on pourroit regarder celui de cet Artiste comme autant parfait qu'il puisse être. Planche XXII.

TROISIEME APPAREIL.

A, (Pl. XXII, fig. 3.), est une grosse boule de verre soufflée & très-mince, surmontée d'une tige CD, d'un pouce ou environ de longueur. On voit au-dessus de cette tige, une espece de bassin E, destiné à recevoir différens poids. Au-dessous de la boule A, on en voit une seconde B, dans laquelle on renferme du mercure pour produire le même effet que dans l'aréometre précédent.

Aréometre de Farenheit. Fig. 3.

USAGE

De cet Appareil.

ON plonge d'abord cet aréometre dans une liqueur extrêmement légere, i. dans de l'esprit-de-vin le plus rectifié. Cet instrument doit être lesté au point de s'enfoncer dans cette liqueur jusqu'aux deux tiers ou

Planche XXII. aux trois quarts de la longueur de sa tige, supposons jusqu'en *a*, on fait une marque à cet endroit & l'instrument est gradué.

Veut-on maintenant connoître la pesanteur spécifique des liqueurs plus pesantes que cet esprit-de-vin, on le plonge successivement dans ces liqueurs & il s'y enfonce d'autant moins au-dessous du point *a*, que ces liqueurs sont spécifiquement plus pesantes. On charge donc alors le bassin E de poids, & on le charge jusqu'à ce que l'immersion de l'instrument arrive précisément au point *a*, & on juge par la quantité de poids qu'on emploie à cet effet, de la pesanteur spécifique de la liqueur qu'on éprouve, comparée à celle de l'esprit-de-vin dont on s'est servi pour graduer l'aréometre.

Quelqu'exacte que paroisse cette méthode, elle n'est pas exempte de défauts, ou au moins de quelques inconvénients & c'est une observation qui ne doit point échapper au Physicien.

Muschenbroek suit, à peu de chose près, le même principe que *Farenheit*, dans la construction de son aréometre, dont le poids doit varier d'une quantité connue, pour que son service soit plus étendu, & cet appareil

tout-à-fait ingénieux mérite de trouver place dans le cabinet d'un Physicien. Planche XXII.

Quatrieme Appareil.

Le globe A, (Pl. XXII, fig. 4.), doit être fait de similor ; il est creux, mince & fort léger. On adapte à la partie inférieure de ce globe un fil de cuivre BC, taraudé en C, pour recevoir successivement les poids P,R,Q. DE est un cylindre creux de cuivre, divisé en quarante parties égales. Aréometre de Muschenbroek. Fig. 4.

Usage

De cet Appareil.

Cet instrument doit être construit de maniere qu'étant chargé d'un poids P, qui tient le milieu entre les deux autres, & étant plongé dans l'eau de pluie, il puisse descendre jusqu'en E, & qu'il descende en D, si on le plonge dans un autre liquide qui pese quarante grains de plus qu'un pareil volume d'eau de pluie. D'où il suit que si on le plonge dans différens liquides, suivant qu'il s'y enfoncera plus ou moins profondément, on pourra, à l'aide de l'échelle graduée sur la tige de cet

Planche XXII. inſtrument, juger de leur péſanteur ſpécifique qui ſe trouvera déterminée par des grains.

Si on ſubſtitue le petit poids R à la place de P, l'inſtrument étant plongé dans l'eſprit-de-vin s'enfoncera juſqu'en E & ſervira à déterminer la peſanteur ſpécifique des liqueurs qui tiennent le milieu entre l'eſprit-de-vin & l'eau de pluie. Le troiſieme poids Q, plus peſant que les deux précédents, étant adapté à l'extrêmité de la queue BC, rendra cet aréometre propre à déterminer la peſanteur ſpécifique des ſaumures, des eaux minérales, &c.

Nous laiſſons au Phyſicien à faire connoître les défauts de ce nouvel aréometre, que ſon Auteur lui-même ne regarde pas comme abſolument parfait, ainſi qu'on peut le voir dans le *Cours de Phyſique de Muſchenbroek.* Nous l'exhortons encore à connoître celui de *M. Baumé*, qui mérite également une place parmi les moins imparfaits de ces inſtrumens; on le trouvera décrit dans *les Elémens de Pharmacie* de ce célebre Chymiſte. Nous ne craignons point d'aſſurer qu'il n'exiſte encore aucun aréometre qui réponde exactement à toute l'étendue de ce problême: *déterminer par la ſeule immerſion d'un inſtrument*,

sans aucune opération subséquente, la pesanteur absolue d'un volume donné de liquide & conséquemment la pesanteur relative des différens liquides dans lesquels cet instrument seroit successivement plongé. Toute difficile que paroisse la solution de ce problême, nous ne la regardons point comme impossible. Planche XXII.

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils nécessaires pour représenter les phénomenes des tubes capillaires.

NOUS avons fait observer précédemment que toute liqueur homogene renfermée dans des vaisseaux communiquans, s'élevoit à la même hauteur perpendiculaire dans les uns & dans les autres. Cette loi générale souffre une exception, lorsque parmi ces vaisseaux il s'en trouve quelques-uns qui sont capillaires, c'est-à-dire, dont la capacité est extrêmement petite. La liqueur s'éleve alors au-dessus du niveau & elle s'y éleve d'autant plus haut que ces vaisseaux sont plus capillaires. La forme des vaisseaux n'influe en rien sur ces phénomenes. Les appareils suivans

Planche XXII. serviront à constater ce qu'il est important de connoître à cet égard.

APPAREILS.

Différens appareils de vaisseaux capillaires. Fig. 5. ABC, (Pl. XXII, fig. 5.), sont deux tubes qui communiquent entre eux & dont l'un BC est supposé capillaire. Il convient d'en avoir plusieurs de cette forme & de différente capacité.

Fig. 6. AB, (fig. 6.), est un tube capillaire de huit à dix pouces de hauteur, ouvert à ses deux extrêmités. C est un verre qu'on remplit en partie d'une liqueur colorée ; on se sert assez communément d'eau colorée sur l'orseil.

Fig. 7. AB, (fig. 7.), sont deux lames de verre ou de glace de cinq à six pouces de longueur, un pouce de largeur & séparées l'une de l'autre par un petit morceau de carte posée entre l'une & l'autre. CD est un verre de cristal rempli d'une liqueur colorée.

Fig. 8. X, (fig. 8.), est un assemblage de trois à quatre tubes capillaires réunis par des fils de métal *rs*, *rs*, tournés sur chacun de ces tubes qui sont tous de différens diametres.

Fig. 9. AB, (fig. 9.), est un grand vaisseau de cristal de huit à dix pouces de longueur & d'un

d'un pouce ou environ de diametre. CD est un très-long tube capillaire d'un pied de longueur, autour duquel on attache quatre fils, l'un en *a*, le second en *c*, où ils sont fixement arrêtés; les deux autres *b* & *d* sont mobiles. Planche XXII.

AB, (fig. 10.), est une petite planchette de cuivre de trois à quatre pouces de longueur & de sept à huit lignes de largeur, graduée en parties égales sur sa longueur. CD, EF, sont deux tubes capillaires attachés sur cette planche de maniere qu'ils excédent son bord inférieur de quelques lignes. La planche AB est montée à vis sur une tige de métal GH, qui glisse de haut en bas dans une boëte à cuir I, établie sur le haut du récipient KL. O est un petit vaisseau de cristal qu'on établit sur la platine de la machine pneumatique. Fig. 10.

AB, (fig. 11.), est un tube capillaire composé de deux tubes de différens diametres, soudés l'un à l'autre en C. Fig. 11.

USAGE

De ces Appareils.

1°. Si on verse une liqueur colorée dans le gros tube AB, (fig. 5.), elle s'élevera dans Fig. 5.

Planche XXII. le tube communiquant BC & elle s'y élevera à une certaine hauteur au-dessus du niveau *ab*, supposons *c*.

2°. On observera le même effet, si on plonge le tube AB, (fig. 6.), dans le verre C, qui fait ici l'office du gros tube communiquant précédent; la liqueur s'élevera au-dessus du niveau *bc*, à une hauteur plus ou moins considérable, supposons jusqu'en *a*.

Fig. 6.

3°. Le même phénomene se fera observer dans tout espace capillaire quelconque, ce qu'on prouve en plongeant les deux lames de verre AB, (fig. 7.), dans le verre CD, on voit encore la liqueur s'élever au-dessus du niveau *ab*, & monter, par exemple, jusqu'en *cd*.

Fig. 7.

Comme il est rare que la liqueur s'éleve parallélement à elle-même entre des glaces de cette espece, plusieurs Physiciens ont cru qu'elle affectoit une courbe particuliere. Quelques-uns même se sont occupés à calculer les élémens de cette courbe. *M. Mazeas* est un de ceux qui se soit le plus particuliérement occupé de cet objet; mais il est probable qu'on s'est occupé trop promptement de ce travail, & qu'on remarquera, si on examine ce phénomene avec plus d'attention,

que cette courbure ne dépend que de la maniere de tenir les glaces & de les serrer inégalement sur différens points de leurs surfaces. Planche XXII.

Nous laissons encore à ceux qui feront ces sortes d'expériences, le soin de déterminer les hauteurs variées auxquelles s'élevent les liqueurs différentes dans un même tube.

Nous observerons en général que les liqueurs les moins denses & spiritueuses s'élevent moins haut que les liqueurs plus denses & aqueuses, & ces différences sont très-sensibles.

4°. Pour démontrer qu'une liqueur donnée s'éleve d'autant plus haut au-dessus du niveau, que l'espace dans lequel elle s'éleve est plus capillaire, on fait usage de l'appareil X, (fig. 8.), & on voit qu'elle est progressivement plus élevée, à proportion que la colonne de liqueur est plus grêle. Fig. 8.

Un phénomene qu'on ne doit point négliger d'observer en cette circonstance, c'est que si on retire cet assemblage de tubes du vaisseau dans lequel ils sont plongés, les colonnes de liqueur obéissent à l'action de la pesanteur qui les maîtrise; elles se précipitent de haut en bas, mais il en reste encore malgré cela dans chaque tube, autant qu'il

Planche XXII. y en avoit au-dessus du niveau pendant le temps de l'immersion.

Fig. 9. Le suivant mérite encore l'attention du Physicien ; si on plonge le tube CD, (fig. 9.), dans le vaisseau AB, qui doit être rempli de liqueur colorée & qu'on le plonge d'abord à une petite profondeur, jusqu'au premier fil *a*, par exemple, la liqueur s'élevera à une hauteur donnée au-dessus du niveau *a*, supposons jusqu'en *b*; on marquera cette hauteur avec un des fils mobiles. Si on plonge ensuite ce tube beaucoup plus profondément, supposons jusqu'en *c*, & qu'on marque encore la hauteur à laquelle cette liqueur s'élevera dans cette seconde immersion, on verra que ces deux hauteurs *ab* & *cd*, seront parfaitement égales, en supposant toutes fois que le tube sera exactement de même calibre dans toute sa longueur.

On observera les mêmes phénomenes en plongeant ces tubes dans toute espece de liqueur quelconque, avec les différences que nous avons indiquées précédemment. Le mercure néanmoins fait une exception à cette regle générale : on observe en effet qu'il se tient au-dessous du niveau dans les tubes capillaires, & qu'il s'y tient d'autant plus bas

que ces tubes ſont plus capillaires, ce qu'on démontre facilement en faiſant uſage de tubes communiquans ſemblables à ceux que nous avons repréſentés (fig. 5.).

Planche XXII.

Fig. 5. Diverſité d'Hypothéſes pour expliquer ces phénomenes.

L'explication de ces phénomenes a occupé pendant long-temps les recherches des plus célebres Phyſiciens. On trouvera ſur-tout dans un Ouvrage de *M. Hauxbée*, intitulé, *expériences Phyſico-Mathématiques, &c.* remis au jour par les ſoins de *M. Deſmarets*, & auquel il a ajouté quantité de notes & de remarques très-curieuſes, on y trouvera, dis-je, une expoſition très-bien faite de toutes les hypothéſes qu'on a imaginées juſqu'à ce jour, pour rendre raiſon de ces phénomenes : on y verra que toutes ces hypothéſes ſe rapportent à trois principales, dont elles ne ſont toutes que des modifications particulieres. Nous nous bornerons à en donner une légere idée, que nous avons développée aſſez amplement dans nos *Leçons de Phyſique expérimentale.*

Hypothéſe du P. Fabri.

La premiere eſt celle du Pere *Fabri*, qui faiſoit dépendre ces phénomenes de l'inégale preſſion de l'air, lequel agiſſoit, ſuivant lui, moins fortement ſur la colonne de liqueur

Planche XXII. élevée dans le tube, que fur les colonnes collatérales & extérieures.

Nous ne nous occuperons point à réfuter cette hypothéfe, que nous ne pouvons nous empêcher de regarder comme très-ingénieufe & très-méchanique, mais nous obferverons feulement que fi on fait ufage de l'appareil que nous avons décrit (fig. 10.), on verra que les phénomenes des tubes capillaires fe font remarquer avec la même intenfité dans le vuide qu'en plein air.

Fig. 10.

Pour cet effet, on éleve la lame de cuivre AB, jufqu'au haut du récipient KL; on pofe le vaiffeau O fur la platine de la machine pneumatique; on le recouvre du récipient KL, & on fait defcendre la tige jufqu'à ce que les tubes CD, EF, plongent dans la liqueur du vaiffeau O, jufqu'au niveau de la lame AB. On remarque, à l'aide de l'échelle gravée fur cette lame, la hauteur à laquelle la liqueur s'éleve au-deffus du niveau. Cela fait, on enleve une féconde fois la lame AB; on fait le vuide auffi parfaitement qu'il eft poffible de le faire, on replonge enfuite les tubes jufqu'à la même profondeur que précédemment & on voit que la liqueur s'éleve à la même hauteur.

On se sert ici des deux tubes, parce qu'il arrive quelquefois qu'il reste quelques bulles d'air dans un tube, soumis de cette maniere à l'épreuve du vuide.

Planche XXII.

Hypothése de Vossius.

La seconde hypothése aussi ingénieuse & méchanique que la précédente, fut imaginée par *Vossius* : il prétendit que la colonne de liqueur qui s'éleve dans un tube capillaire contracte une adhérence avec les parois intérieures de ce tube, & conséquemment qu'elle se trouve soutenue en partie, ce qui rend les colonnes collatérales prépondérantes : or, c'est à cette prépondérance qu'il attribue l'excès d'élévation que la liqueur affecte au-dessus du niveau.

M. Carré fut un des plus célebres Partisans de cette hypothése, qu'il crut confirmer complétement en faisant voir que ce phénomene n'avoit point lieu lorsque les parois intérieures de ces tubes étoient enduits de matieres grasses qui s'opposoient à l'adhérence de la liqueur. Il fit à ce sujet nombre d'expériences qu'il varia de différentes manieres & que le Physicien doit répéter ; il ne faut pour cela que quelques tubes capillaires, quelques matieres grasses coulantes & un peu d'adresse.

Planche XXII.

Malgré cette derniere preuve contre laquelle il feroit facile de donner une raifon fuffifante, l'obfervation que nous avons indiquée précédemment, en parlant de l'ufage de l'appareil décrit (figure 9.), fuffiroit feule pour faire voir que l'élévation de la liqueur au-deffus du niveau ne dépend point ou au moins n'eft point proportionnelle à la prépondérance des colonnes collatérales. Veut-on une nouvelle expérience plus décifive encore ; la voici.

Fig. 9.

Fig. 12.

Plongez un tube capillaire AB, (fig. 12), dans une maffe de liqueur, & mefurez à quelle hauteur cette liqueur s'y éleve au-deffus du niveau ; évacuez ce tube exactement, en le fecouant & en le fuçant même s'il eft néceffaire ; tenez-le dans une fituation inclinée à l'horifon, comme il eft repréfenté par la figure. Dans cet état, laiffez tomber fur la longueur du tube quelques gouttes de liqueur colorée, elles glifferont fur fa furface comme fur un plan incliné, & parvenues au bas du tube, vous les verrez remonter contre l'effort de leur pefanteur, fe porter dans l'intérieur du tube & y demeurer fufpendues à la même hauteur à laquelle la liqueur s'éleve au-deffus du niveau dans ce tube, lorfqu'il eft plongé

verticalement. Or, on ne peut attribuer cet effet à la prépondérance des colonnes collatérales. Planche XXII.

La troisieme hypothése fait dépendre ces phénomenes de l'attraction de cohésion : c'est sans contredit la mieux fondée de toutes celles qu'on a imaginées jusqu'à présent. Mais de quelle maniere l'attraction produit-elle cet effet ? C'est ce que nous ne déciderons point ici. Hypothése des Attractionnaires.

Hauxbée & quelques autres attribuent ce phénomene à l'attraction totale du tube. Or, on démontre facilement que l'effet ne seroit point proportionel à sa cause.

Jurin n'admet que *l'attraction de péripherie*, hypothése qui mérite d'être développée avec soin & qu'il confirme par ce qu'on observe lorsqu'on fait usage de tubes capillaires de différens diametres dans leur longueur, tel que le tube ACB, (fig. 11.). Fig. 11.

Un tube de cette espece étant plongé par son plus grand diametre, la liqueur s'y éleve d'une quantité donnée que nous exprimerons par *ab*. Plongé par son plus petit diametre, elle s'éleve davantage; supposons de la quantité *cd*. Ces deux hauteurs bien désignées, si on replonge le même tube par son grand

Planche XXII. diametre & que l'immerſion ſe faſſe juſqu'à la commiſſure C des deux tubes, la liqueur s'élancera dans le plus petit & elle s'y élevera à une hauteur égale à *dc*. Le contraire arrivera ſi on répéte l'expérience en ſens contraire. Plongé par ſon plus petit diametre, elle s'élevera conſtamment à une hauteur égale *dc*; mais ſi on le plonge juſqu'à la commiſſure C, la liqueur s'élevant dans la partie élargie du tube, elle diminuera de hauteur & elle ſe réduira à la hauteur *ab*.

Cette ingénieuſe hypothéſe ne ſatisfit point le célebre *Wittbrecht*; il y en ſubſtitua une autre dont l'expoſition deviendroit trop longue pour que nous puiſſions en donner une idée ſuffiſante : on peut conſulter à ce ſujet l'Ouvrage de M. *Hauxbée*, que nous avons indiqué précédemment.

Après avoir examiné les propriétés des liquides en général, l'ordre exige de les conſidérer en particulier. Les principaux, ceux qui méritent toute l'attention du Phyſicien, ſont *l'eau*, *l'air*, *le feu*, & les *émanations magnétiques*; ils feront l'objet des Sections ſuivantes.

Planche XXII.

SECTION SIXIEME.

Des Appareils néceſſaires pour démontrer les propriétés de l'eau.

Diviſion de cette Sect.

On conſidére l'eau en Phyſique, ſous trois états différens ; ſous la forme de liqueur, de vapeurs, ou de glace ; ce qui fournira la matiere des trois Articles ſuivans.

Article Premier.

Des Appareils faits pour démontrer les propriétés de l'eau, conſidérée comme liqueur.

Considérée comme liqueur, l'eau ſe préſente à nos recherches ſous deux états particuliers, comme élémentaire ou comme mixte, nous ne la conſidérerons point ici ſous ce premier point de vue, parce qu'il eſt très-difficile, pour ne pas dire impoſſible, de ſe procurer de l'eau élémentaire, dégagée de toute ſubſtance étrangere : on la regarde cependant comme telle lorſqu'elle a été diſ-

Planche XXII.

tillée plusieurs fois avec soin & qu'elle a été rectifiée avec toute l'exactitude qu'on peut apporter à ces sortes d'opérations. Mais il s'en faut encore de beaucoup qu'elle soit totalement dépouillée de toutes les parties hétérogenes qu'elle recele habituellement dans son sein ; & c'est au défaut d'une eau plus pure & plus rapprochée de son état élémentaire, que les Chymistes sont obligés de s'en tenir à celle que nous venons d'indiquer. D'ailleurs ce que nous avons dit au commencement de cet Ouvrage, sur les appareils nécessaires pour obtenir les principes des mixtes & sur la distillation, doit suffire à ceux qui voudront obtenir de l'eau autant pure qu'il soit possible de se la procurer : nous ne la considérerons donc que comme mixte. On trouvera dans nos *Leçons de Physique*, combien on doit en distinguer d'especes particulieres, ce qu'on doit penser de l'eau de mer qui paroît la plus hétérogene & qui, dans son état naturel, est tout-à-fait impotable. On y trouvera un précis des différentes méthodes qu'on a successivement employées pour la purifier & la rendre propre à tous nos besoins. On peut se servir de toute espece d'eau pour les expériences que nous

allons faire connoître; mais lorsqu'il s'agit de les faire avec toute la précision possible, nous préférons & nous croyons qu'on ne peut se dispenser d'employer de l'eau de pluie ou de riviere distillée. Planche XXIII.

On regarde l'eau comme le véritable menstrue de toutes les substances salines, mais ces dissolutions offrent des phénomenes importans à considérer & dignes de toute l'attention du Physicien. Nous nous bornerons à indiquer l'appareil le plus simple & le plus commode pour les faire, & à donner seulement une idée de la marche qu'on doit suivre dans ces sortes d'opérations.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à examiner la qualité dissolvante de l'eau. Fig. 1.

SUR un réchaud AB, (Pl. XXIII, fig. 1.), rempli de charbons allumés, dont on entretient l'activité, on voit un vaisseau de cuivre CD, plein d'eau ordinaire; le couvercle de ce vaisseau est percé de plusieurs trous pour recevoir & contenir des vaisseaux de verre mince *a*, *b*, *c*, dans lesquels on met de l'eau distillée & le sel qu'on veut dissoudre.

Planche XXIII.

USAGE

De cet Appareil.

On met dans chacun des vaiſſeaux *a*, *b*, *c*, un gros, par exemple, de différens ſels & une once d'eau diſtillée ; on plonge la boule d'un thermometre dans chacun de ces vaiſſeaux & on a ſoin de les retirer ſucceſſivement de la marmite CD, lorſque l'eau qu'ils contiennent a acquiſe la température qu'on veut lui faire prendre. On ſépare enſuite avec précaution la liqueur de la maſſe ſaline qui reſte au fond du vaiſſeau & on obſerve en peſant ce réſidu, la quantité de chaque eſpece de ſel qu'une même maſſe d'eau peut diſſoudre ſous différens degrés de chaleur. Voilà l'idée générale de cette expérience qu'il convient de modifier de différentes manieres, en variant les eſpeces de ſels & en variant en même temps les degrés de chaleur pour chaque eſpece en particulier.

On apprendra par ces ſortes d'eſſais, qu'il eſt certains ſels qui ſe diſſolvent également bien à l'eau froide & à l'eau chaude; que parmi ceux qui ſe diſſolvent plus aiſément à l'eau chaude, il en eſt pluſieurs qui ſe diſſolvent d'au-

tant plus abondamment dans la même quantité d'eau, qu'elle a acquis un plus grand degré de chaleur. On apprendra encore que lorsqu'une masse d'eau donnée est saturée d'un sel quelconque, ou qu'elle en a dissout autant qu'elle peut en dissoudre, sa qualité dissolvante n'est point encore épuisée : elle peut encore dissoudre une certaine quantité d'un sel plus facile à dissoudre que celui ou ceux dont elle est déja saturée. On sera à portée de classer alors les sels, suivant l'ordre & leurs degrés de solubilité. Ces expériences aussi délicates à faire que curieuses, méritent d'être répétées ; elles ne demandent que de la patience, de l'exactitude, un peu d'adresse & d'habitude de la part de celui qui se livre à ces recherches. On peut consulter à ce sujet, les Élémens de Chymie de *Boerhaave* ; on y trouvera un Traité de l'eau fait avec beaucoup de soin & très-propre à faciliter le travail de celui qui veut connoître autant qu'il est possible, les qualités de ce fluide.

Planche XXIII.

De quelque espece que soit l'eau, plusieurs Physiciens l'ont regardée comme incompressible ; mais pour peu qu'on réfléchisse sur la preuve qu'ils en apportent, on voit aisément qu'elle n'est rien moins que démonstrative.

Planche XXIII.

La presse de l'Académie del Cimento, pour comprimer l'eau. Fig. 2.

SECOND APPAREIL.

AB, (Pl. XXIII, fig. 2.), est une presse dont les deux vis *ab*, *ab*, sont mises en mouvement par un pignon C, qu'on fait tourner avec la manivelle D. Ce pignon engraine de droite & de gauche dans deux roues qui sont séparément fixées sur l'arbre de chacune des deux vis *ab*, *ab*. R est une boule de métal remplie d'eau & fermée exactement par une vis V, dont le collet est révêtu d'un cuir gras. Cette boule étoit d'or dans son origine & elle devroit encore en être, s'il s'agissoit de répéter exactement la même expérience & qu'on pût compter sur le résultat qu'elle présente. Il suffit qu'elle soit de cuivre rouge pour donner une idée satisfaisante de ce qu'on veut faire observer.

USAGE

De cet Appareil.

LES choses étant disposées dans l'état qu'on vient de les indiquer, on fait tourner la manivelle D dans le sens qu'il convient pour serrer la presse. La boule de métal céde à cette pression, elle s'applatit, elle se déforme,

sa

ſa capacité devient proportionnellement plus petite & on voit l'eau ſuinter à travers les pores du métal, ce qui prouve ſeulement que les molécules de ce fluide ſont aſſez petites pour paſſer par ces pores lorſqu'elles ſont preſſées juſqu'à un certain point, & ce qui ne prouve nullement que cette liqueur ſoit incompreſſible. Planche XXIII.

Conſidérée ſous le même état de liqueur, l'eau eſt un mixte combiné avec quantité de ſubſtances étrangeres qu'elle rencontre dans ſes écoulemens & qu'elle charrie avec elle. De-là les qualités différentes qu'on découvre dans preſque toutes les eaux qu'on ſoumet à l'analyſe; qualités qui influent plus ou moins ſur ſa ſalubrité & qu'il eſt important de connoître. Il eſt différens moyens de faire cette analyſe; on préfére communément celle des réactifs : elle eſt fondée ſur les loix des affinités. Elle ſuffit d'ailleurs au Phyſicien qui ne veut s'aſſurer préciſément que des qualités des ſubſtances étrangeres qui ſe trouvent combinées avec l'eau qu'il examine, ſans s'embarraſſer des proportions ſelon leſquelles ces combinaiſons ſont faites. Voici donc les moyens qu'il peut favorablement employer à cet effet.

Planche XXIII.

TROISIEME APPAREIL.

Reactifs pour l'analyse des eaux.

AYEZ différens flacons remplis des liqueurs suivantes.

1°. De dissolution d'argent par l'acide nitreux.

2°. D'infusion de noix de galle.

3°. D'eau de chaux.

4°. D'alkali volatil.

5°. D'huile de tartre par défaillance.

USAGE

De cet Appareil.

QUELQUES gouttes, en général, de dissolution d'argent versées dans différens verres remplis d'eaux de différentes especes, produiront une précipitation plus ou moins abondante & d'une couleur assez variée pour qu'on puisse reconnoître les substances étrangeres qui seront combinées avec ces eaux.

Quelques gouttes d'infusion de noix de galle versée dans une eau qui tiendra en dissolution du vitriol de mars, donneront à cette eau une couleur violette tirant sur le noir.

Quelques gouttes d'eau de chaux feront

prendre une couleur d'ochre à celles qui charrieront avec elles des matieres arsénicales. Planche XXIII.

L'alkali volatil donnera une couleur laiteuse à celles qui tiendront en dissolution de la sélénite & même du sel marin ordinaire.

L'huile de tartre produira un précipité jaune dans celles qui seront combinées avec des principes mercuriels.

L'idée de ces sortes d'expériences doit suffire à ceux qui voudront traiter cette matiere, & au défaut des eaux naturelles qui seroient combinées avec ces différentes substances, ils pourront en faire de factices qui produiront les mêmes effets. On prendra pour cela de l'eau distillée, dans laquelle on fera fondre séparément les substances étrangeres qu'on jugera à propos de combiner, & on aura soin ensuite de filtrer ces différentes eaux pour qu'il ne se fasse point naturellement de précipitation qui pourroit nuire à la précision de l'expérience.

C'est ici qu'il convient de traiter des qualités des eaux relativement à leurs combinaisons; d'examiner celles qui sont plus potables & qu'on doit préférer pour son usage ordinaire; de parler des avantages qu'on retire de quantité d'eaux minérales répandues

Planche XXIII. en différents endroits dans les entrailles de notre globe. On ne doit point oublier non plus de donner une idée suffisante des pétrifications variées, des incrustations différentes, de ces stalactites surprenantes qui sont autant d'effets particuliers de la circulation des eaux. C'est encore ici qu'il convient de parler de leurs écoulemens & des phénomenes multipliés qu'ils produisent, des sources, des fontaines & de leurs variétés. Nous abandonnons toutes ces recherches importantes aux spéculations des Physiciens.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils faits pour connoître les propriétés de l'eau, considérée dans l'état de vapeurs.

L'ÉVAPORATION de l'eau ou de toute autre liqueur est l'effet naturel d'une chaleur surabondante. Comment se produit cet effet? Quelle est la cause de l'élévation des vapeurs? Comment se soutiennent-elles dans l'atmosphere? Quelles sont les causes qui les condensent, qui les convertissent en brouillards, en eau, en givre, en neige, en grêle? Quelles

font celles, en un mot, qui produisent les différens météores aqueux que nous obser- vons dans l'atmosphere ? Ce sont autant de questions curieuses à traiter, mais qui ne sont point du ressort de cet Ouvrage. Nous nous bornerons donc à considérer les effets de la vapeur, & lorsqu'elle est retenue dans une capacité qui peut céder à son expansion, & lorsque cette capacité résiste invinciblement à cet effet.

Planche XXIII.

PREMIER APPAREIL.

A, (Pl. XXIII, fig. 3.), est une petite ampoule de verre soufflée à la lampe de l'Emailleur, remplie d'eau ou de toute autre liqueur, & dont l'extrêmité de la queue est scellée hermétiquement.

Ampoules de verre qui détonnent par la dilatation d'une vapeur. Fig. 3.

USAGE

De cet Appareil.

MISE sur des charbons allumés, l'eau qui y est contenue s'échauffe, boût & se réduit en vapeurs, dont l'expansion brise avec éclat & détonnation les parties de l'ampoule. Cette détonnation est d'autant plus forte que les

Planche XXIII. parois de l'ampoule réfiftent davantage & que la vapeur eft obligée d'acquérir plus d'expanfion pour les brifer.

On fe contente ordinairement d'implanter la queue de l'ampoule dans la méche d'une chandelle ou d'une bougie allumée, de façon que le petit globe A, foit plongé dans la flamme.

On profite dans l'éolipile de cette force expanfive que la vapeur acquiert, pour former à volonté un jet d'eau, ou un jet de feu qui fe porte à une diftance d'autant plus éloignée qu'on retient plus long-temps l'effet de cette expanfion & qu'on raffemble dans l'inftrument des vapeurs plus dilatées & plus abondantes.

SECOND APPAREIL.

L'Eolipile. Fig. 4. A, (Pl. XXIII, fig. 4.), eft un gros vaiffeau de cuivre fait en forme de poire, dont la queue B eft percée d'un très-petit trou. C, eft un manche de fer pour tenir & difpofer l'inftrument lorfqu'il eft chaud, dans la fituation qui convient à l'expérience.

Planche XXIII.

Usage

De cet Appareil

On fait chauffer modérément cette poire ſur des charbons allumés, pour dilater ſeulement la maſſe d'air qui y eſt naturellement contenue. On plonge alors le bec de l'inſtrument dans une maſſe d'eau; auſſi-tôt une petite quantité de cette liqueur s'introduit & ſe porte dans la poire. Cela fait, on applique le fond de l'éolipile ſur les mêmes charbons dont on entretient l'activité avec un ſoufflet; la petite maſſe d'eau renfermée dans ce vaiſſeau boût en peu de temps & ſe réduit en vapeurs. On attend que ces vapeurs ſe montrent au bec de l'éolipile, ſous la forme d'une fumée très-épaiſſe. On plonge alors bruſquement ce vaiſſeau dans une maſſe d'eau froide: ſaiſies par le froid qu'elles éprouvent, les vapeurs ſe condenſent, il ſe fait un vuide dans la capacité de l'éolipile & la preſſion de l'air extérieur la remplit d'eau. On rapporte de nouveau & de la même maniere l'éolipile ſur les charbons, on accélere & on entretient encore l'activité du feu par un ſoufflet & on fait bouillir cette nouvelle maſſe d'eau: lorſqu'elle eſt réduite en

Planche XXIII. vapeurs & qu'on les voit sortir sous la forme d'un brouillard fort épais, on retourne la poire de façon que ces vapeurs se portent vers le fond du vaisseau, & on laisse encore l'instrument sur le feu. Ces vapeurs se dilatent de plus en plus & pressent devant elles la masse d'eau, qui s'oppose à leur expansion. Celle-ci céde à cet effort & se porte sous la forme d'un jet, à une distance proportionnée à l'expansion de la vapeur.

Si au lieu de remplir d'eau l'éolipile, on la remplit avec de l'esprit-de-vin, & qu'on présente au jet qui s'en échappe une bougie allumée, l'esprit-de-vin s'allumera & au lieu d'un jet d'eau on aura un jet de feu.

On peut se servir, pour cette derniere expérience, d'une petite éolipile de verre semblable à celle que nous avons décrite (Pl. IV, fig. 9.), & au lieu d'un réchaud de feu, on se sert de la lampe à évaporer que nous avons représentée même figure. On a soin, dans ce cas, de faire ajouter une queue à ces sortes d'éolipiles, pour les diriger convenablement à l'expérience.

Planc. IV, Fig. 9.

L'effort d'une vapeur contenue dans un vaisseau qui peut à la fin céder à son expansion, peut très-bien représenter l'effet de la

déflagration de la poudre à canon contre une bouche à feu qu'elle fait reculer plus ou moins ſenſiblement. L'appareil ſuivant eſt deſtiné à cet effet. Planche XXIII.

Troisieme Appareil.

A, (Pl. XXIII, fig. 5.), eſt une groſſe éolipile de cuivre ouverte antérieurement d'un trou de cinq à ſix lignes de diametre. On y adapte & on y ſoude une virole ou une douille de cuivre E, de même diametre & de cinq à ſix lignes de hauteur. Cette éolipile eſt établie ſolidement ſur un chaſſis fait en forme de chariot à trois roues CD ; celle de devant C ſe meut en toutes ſortes de ſens ſur un pivot. B eſt une lampe à l'eſprit-de-vin, garnie de trois à quatre méches allumées au-deſſous de l'éolipile A.

Chariot à recul. Fig. 5.

Usage

De cet Appareil.

On remplit d'eau l'éolipile A, juſqu'aux deux tiers ou aux trois quarts de ſa capacité; on bouche la virole E avec un bouchon de liége qui y tient à frottement & ſuffiſamment pour ne pas céder au moindre effort.

Planche XXIII.

On laisse chauffer l'eau de l'éolipile & lorsqu'elle est réduite en vapeurs & que ces vapeurs ont acquises un degré d'expansion suffisant pour vaincre le frottement du bouchon, elles le poussent au loin avec effort & elles font reculer plus ou moins loin tout l'appareil.

Veut-on un effet plus sensible encore de l'expansion des vapeurs, on l'obtiendra en faisant usage de l'appareil suivant.

QUATRIEME APPAREIL.

Marmite de Papin. Fig. 6.

AB, (Pl. XXIII, fig. 6.), est un vaisseau cylindrique de cuivre de quatre à six lignes d'épaisseur. Ce vaisseau porte une retraite vers le haut, dans laquelle on fait entrer le couvercle C, sur l'épaisseur duquel on a ménagé une retraite proportionnée à la premiere. On a soin d'interposer des anneaux de carton mince entre le vaisseau & le couvercle. Celui-ci est tenu en place par une vis de pression F, qu'on fait mouvoir à l'aide d'un levier IK. Cette vis s'engage dans l'épaisseur d'une bride de fer DE, arrêtée sur le haut du cylindre, ou qui l'enveloppe entiérement comme une espece d'étrier. Cet appareil se place sur un fourneau GH : la forme

du fourneau est indifférente, il suffit seulement qu'il puisse contenir assez de charbon & donner suffisamment accès à l'air pour entretenir l'activité du charbon lorsqu'il est allumé. On connoît en Physique cet appareil sous le nom de *marmite de Papin*, du nom de son Inventeur. Planche XXIII.

USAGE

De cet Appareil.

On renferme dans le cylindre AB, des os de bœuf ou de tout autre animal, qu'on casse en petits morceaux, & on remplit d'eau le vaisseau jusqu'aux trois quarts ou environ de sa capacité. On pose un anneau ou deux de carton sur le repos du vaisseau, & on y applique le couvercle C, qu'on serre fortement avec la vis F, & on pose cet appareil sur le fourneau GH : on le laisse dans cet état, ayant soin toutes fois d'entretenir l'activité du feu plus ou moins de temps, suivant la grandeur de la marmite ou la dureté des corps qui y sont renfermés. Un peu d'usage apprend à celui qui fait cette expérience le temps qu'il convient d'y employer. Lorsque l'expérience est finie & que le vaif-

Planche XXIII.

ſeau eſt ſuffiſamment réfroidi, on démonte le couvercle C, & on trouve que la vapeur a tellement pénétré les os, qu'elle en a extrait toute la partie mucilagineuſe & que l'eau s'eſt convertie en une eſpece de gelée dont on peut faire uſage : les os ſont amollis au point d'être friables entre les doigts. On peut faire ces ſortes d'inſtrumens plus petits, plus commodes à manier ; l'expérience ſe fait auſſi sûrement & plus promptement. Nous ne nous ſervons même que d'une marmite dont la capacité contient une chopine de liqueur.

Un ſecond effet de l'expanſion de la vapeur & non moins ſenſible que le précédent ; c'eſt ſans contredit celui qu'on peut obſerver dans les pompes à feu, telles qu'on en voit dans les mines d'Angleterre, dans celles de Condé, &c. L'appareil que nous allons décrire, fort éloigné de repréſenter exactement cette ingénieuſe machine, ſuffira néanmoins pour en donner une idée ſatisfaiſante. On doit aux ſoins de l'Abbé *Nollet*, la conſtruction de ce petit modele fort ingénieux, & nous nous ſervirons de la deſcription qu'il en donne.

Cinquieme Appareil.

Planche XXIII.

Pompe à feu; Fig. 7.

AB, (Pl. XXIII, fig. 7.), est une caisse plus longue que large, garnie de plomb par-dedans & remplie d'eau à-peu-près jusqu'à moitié. C, D, sont deux montans élevés sur la caisse, pour soutenir une auge E, qui est aussi doublée de plomb. FG, est un petit fourneau de métal, dans lequel il y a une lampe à l'esprit-de-vin & qui porte une bouilloire qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui est en haut & qu'on ferme ensuite avec un bouchon à vis K, sous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. LM est un cylindre de verre creux, garni haut & bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de cuir interposés pour empêcher toute communication du dedans au dehors par les bords du verre. Celui d'en bas M, porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout est plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre, qui est garni d'une soupape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en haut L, porte un robinet dont la clef, percée selon son axe & selon un de ses rayons, fait communiquer le vaisseau cylindrique L M, que

Planche XXIII. l'on emplit d'eau, seulement pour la premiere fois, tantôt avec le canal N, qui aboutit à la bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau montant OP.

USAGE

De cet Appareil.

La lampe étant allumée, dès que l'eau vient à bouillir & que les vapeurs se sont dilatées dans la partie supérieure de la bouilloire, si on tourne la clef du robinet, on les laisse passer dans le vaisseau LM; elles s'y étendent & en chassent toute l'eau qui y est, par le tuyau montant OP. Alors si on tourne la clef du robinet de maniere qu'il y ait communication entre la boëte cylindrique & le canal Q, qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condensent la vapeur; c'est-à-dire, continue l'Abbé *Nollet*, qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vuide. Aussi-tôt le poids de l'atmosphere qui agit par le trou *m* sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau & le remplit. Cette eau est chassée comme la premiere, dès qu'on laisse rentrer la vapeur, & cette vapeur fait encore place à

de nouvelle eau, dès qu'on la condense en retournant la clef, pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées on épuiseroit la caisse & on rempliroit l'auge d'en haut; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-temps, on a pratiqué un tuyau de décharge RS, qui ramene l'eau à sa premiere source. Planche XXIII.

Il y auroit du danger pour ceux qui sont occupés au service de ces sortes de machines, s'ils se laissoient surprendre par une trop prompte dilatation des vapeurs; c'est pour cela que l'ingénieux Auteur de cet appareil a jugé convenable de pratiquer un petit soupirail *a*, sur lequel on met une soupape chargée d'un poids qui fait moins de résistance que la bouilloire n'est capable d'en faire, afin que si la vapeur devient trop forte elle trouve une issue qui la ralentisse avant qu'elle puisse faire crever le vaisseau. Observation importante sur cette machine.

Une seconde observation que nous devons encore au même Physicien & qui mérite de trouver ici sa place, c'est celle qu'il fait sur l'usage auquel on peut destiner une machine de cette espece. On ne peut nier, dit-il, que la pompe à feu ne puisse être très-utile & Autre observation.

Planche XXIII. que son service ne soit fort sûr, puisqu'on en est convaincu par l'expérience même. Mais il en est d'elle comme de toutes les machines qu'il faut toujours employer dans des circonstances convenables; car souvent celle qui est bonne dans un cas, est mauvaise dans un autre. Les Anglois ont d'abord employé la pompe à feu dans leurs mines de charbon; elle a réussi parfaitement & on en continue l'usage. Ils l'ont établie à Londres pour distribuer l'eau de la Tamise dans différens quartiers de la Ville : ils ont été obligés de l'abandonner. Pourquoi cette différence ? c'est que cette machine dépense beaucoup en feu & qu'elle enfume tous les environs. Ces deux inconvéniens se souffrent aisément dans les lieux découverts où la fumée se dissipe, & dans les mines de charbon, où le feu ne coûte presque rien à entretenir, mais dans le centre d'une Capitale cela est tout différent. Ajoutons encore ici pour la satisfaction de ceux qui voudront faire usage de cette machine, qu'il est très-prudent de faire chauffer modérément l'eau qu'on veut mettre dans la caisse AB & dans le cylindre LM; sans cette sage précaution, il pourroit se faire & on l'a remarqué plus d'une fois, que le cylindre

LM,

LM se casşât par le contact d'une eau trop froide, lorsqu'il seroit fortement échauffé par la vapeur de l'eau bouillante qui y aborde. Planche XXIII.

ARTICLE TROISIEME.

Des appareils faits pour exposer les phénomenes de l'eau qui se convertit en glace.

QU'EST-CE que la glace ? est-ce une liqueur condensée ou une liqueur raréfiée par l'interposition de quelques particules étrangeres à l'eau qui se glace ? Ce sont les deux opinions dominantes de l'Ecole que le Physicien ne peut étudier avec trop de soin. Le premier objet de son attention est sans contredit d'examiner de quelle maniere la glace se forme. Pour le mettre à portée de faire cette observation, voici l'appareil le plus simple & le plus commode dont il puisse faire usage pour produire des congélations artificielles.

APPAREIL.

A, (Pl. XXIII, fig. 8.), est un grand vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur. B est un autre vaisseau de même

Appareil propre à faire des congelations artificielles. Fig 8.

Planche XXIII.

matiere, conique & très-mince. Il en faut plusieurs de cette espece.

USAGE

De cet Appareil.

ON fait dans le vaisseau A, un mélange de deux tiers de glace pilée & d'un tiers de sel ordinaire ou de salpêtre. Ce mélange se fond & devient plus froid que la glace elle-même. On peut s'en assurer aisément en plongeant dedans la boule d'un thermometre. Cet excès de froid devient d'autant plus grand que la fusion du mélange est plus prompte, ce qu'on peut éprouver en faisant un semblable mélange, mais en plaçant le vaisseau A sur un fourneau de charbons allumés & en plongeant pareillement dedans la boule d'un second thermometre. Il deviendra plus froid encore, si au lieu de sel on verse sur la glace pilée de l'acide nitreux très-concentré; le froid deviendra si considérable alors, qu'il sera suffisant pour congéler du mercure, ce qu'on ne peut faire par un simple mélange de glace & de sel.

Ce froid artificiel étant excité, on plonge dans le mélange plusieurs vaisseaux sembla-

bles au vaisseau conique B. On met dans l'un de l'eau ordinaire, dans un autre de la même eau combinée avec une certaine quantité de sel ordinaire, dans un troisieme du vin, dans un quatrieme un mélange d'eau & d'esprit-de-vin, &c. on a soin de remuer constamment ces vaisseaux jusqu'à ce que la congélation des liqueurs qu'ils contiennent soit achevée. En retirant de momens à autre ces vaisseaux du mélange dans lequel ils sont plongés, on observe assez facilement les phénomenes qui se suivent progressivement depuis le moment où la glace commence à se former jusqu'au moment où elle est entiérement formée. Planche XXIII.

On remarque outre cela que l'eau ordinaire est plus promptement glacée que l'eau salée, quoique cette derniere ait acquise quelques degrés de froid au-dessous de sa température actuelle, au moment de sa combinaison avec le sel. On observe encore que la glace de l'eau ordinaire est plus compacte & plus solide que celle qui se trouve formée par l'eau salée, & elle l'est encore beaucoup davantage que les glaçons fournis par les autres liqueurs. Ceux-ci sont friables & font remarquer dans

Planche XXIII. leurs fractures, des ſtries plus ou moins ſenſibles.

Lorſqu'on veut retirer les glaçons des vaiſſeaux dans leſquels ils ſe ſont formés, on plonge ces vaiſſeaux dans une caffetiere pleine d'eau chaude; la ſurface de ces glaçons ſe fond & ils ſe détachent : ils ſortent alors très-facilement par rapport à la forme conique que nous donnons à ces vaiſſeaux. Nous avons donné dans nos *Leçons de Phyſique expérimentale*, une idée ſuffiſante des différentes opinions des Phyſiciens ſur la formation de la glace : on pourra conſulter cet Ouvrage, mais plus particuliérement l'excellent *Traité de la glace* de Monſieur *de Mairan*, dans lequel on trouvera l'expoſition la plus lumineuſe & la mieux ſuivie des phénomenes de la congélation. Quant à l'explication de ces phénomenes nous croyons que l'opinion de *Muſſenbroek*, expoſée dans ſon Cours de Phyſique, eſt celle qui y ſatisfait le mieux.

Fin du Tome premier.

TABLE

DES MATIERES.

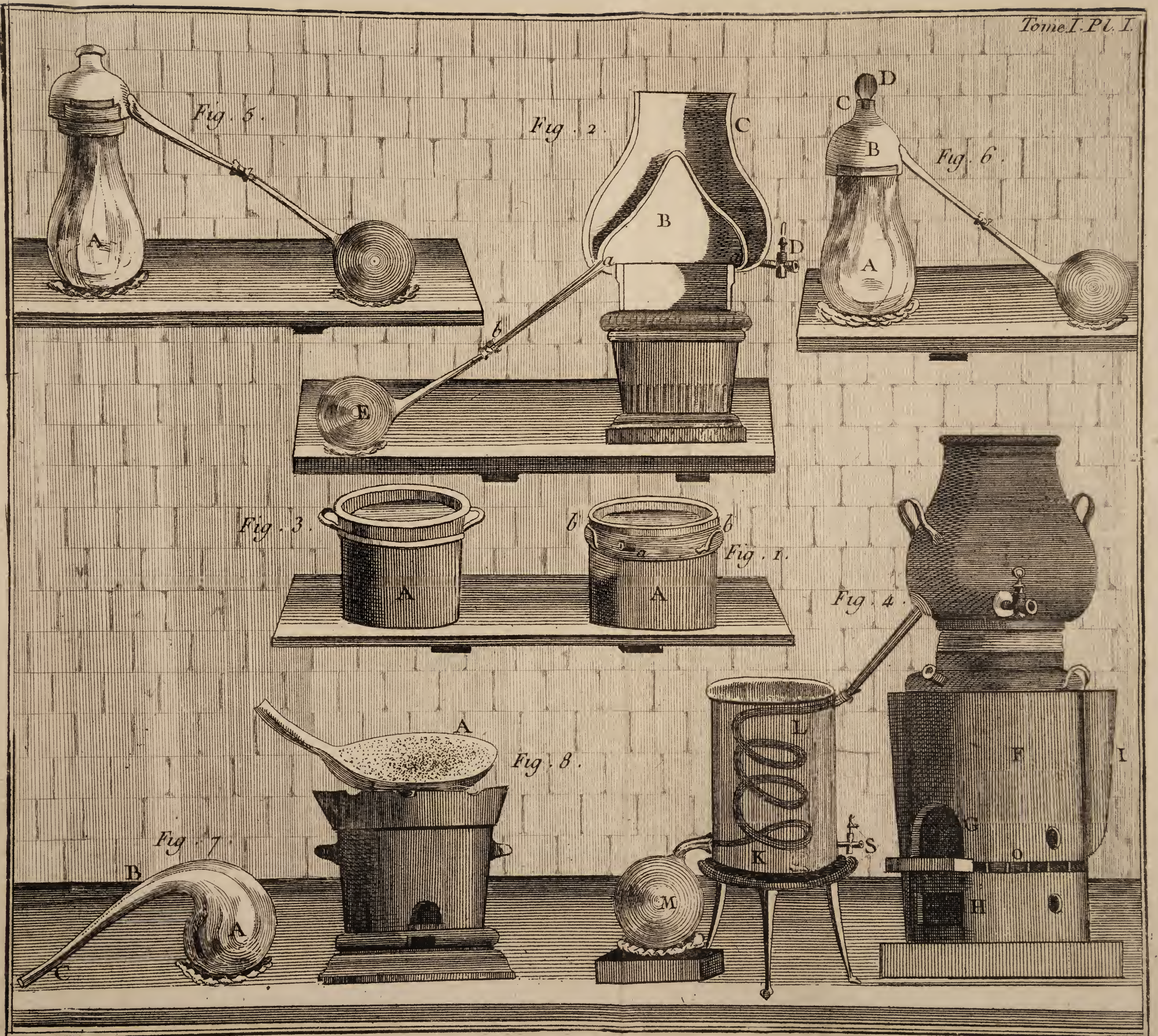
TOME PREMIER.

Fin de la Table des Matieres.

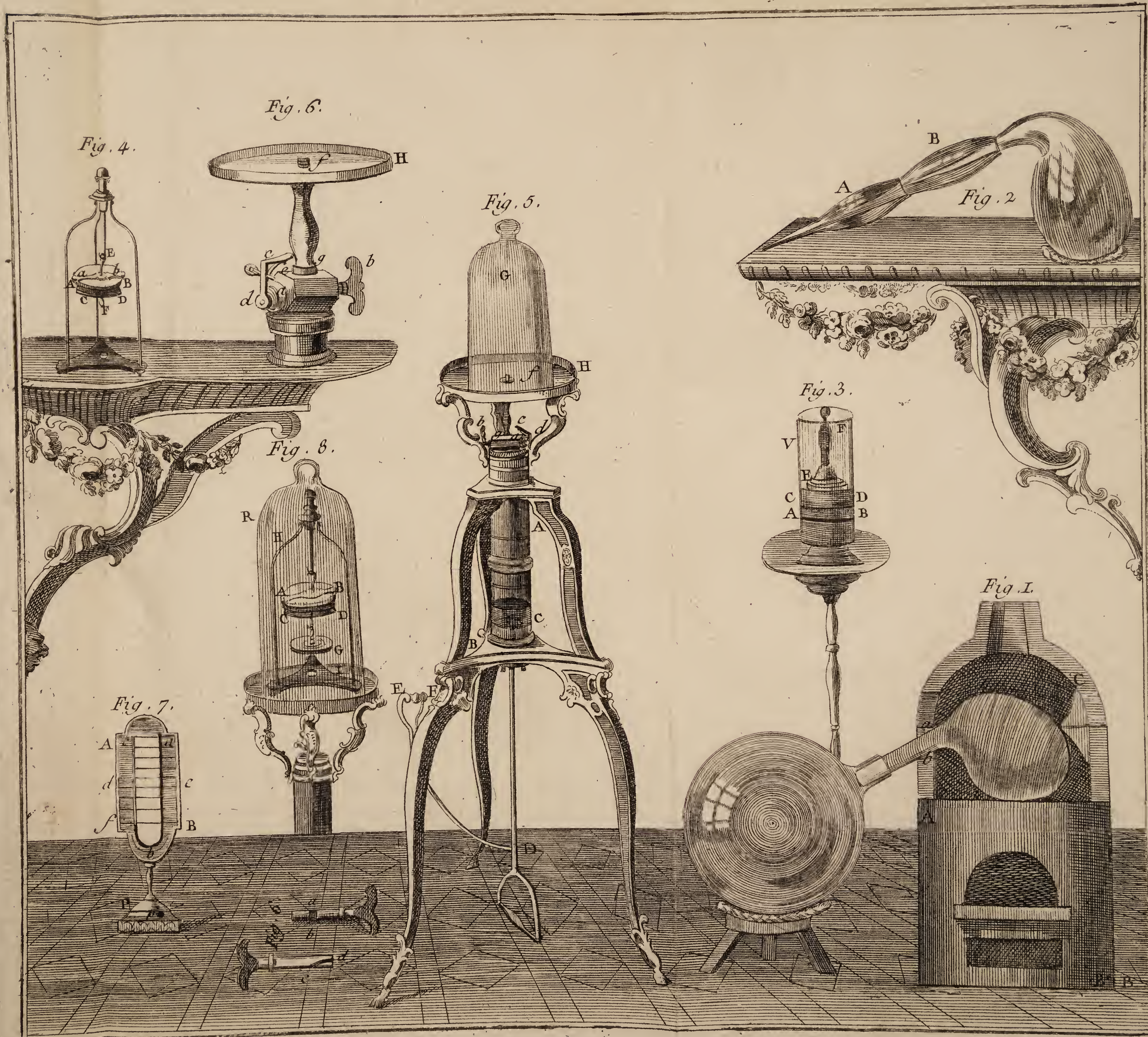
Fautes à corriger.

Page 52, ligne 5, formée ; *lisez* fermée.

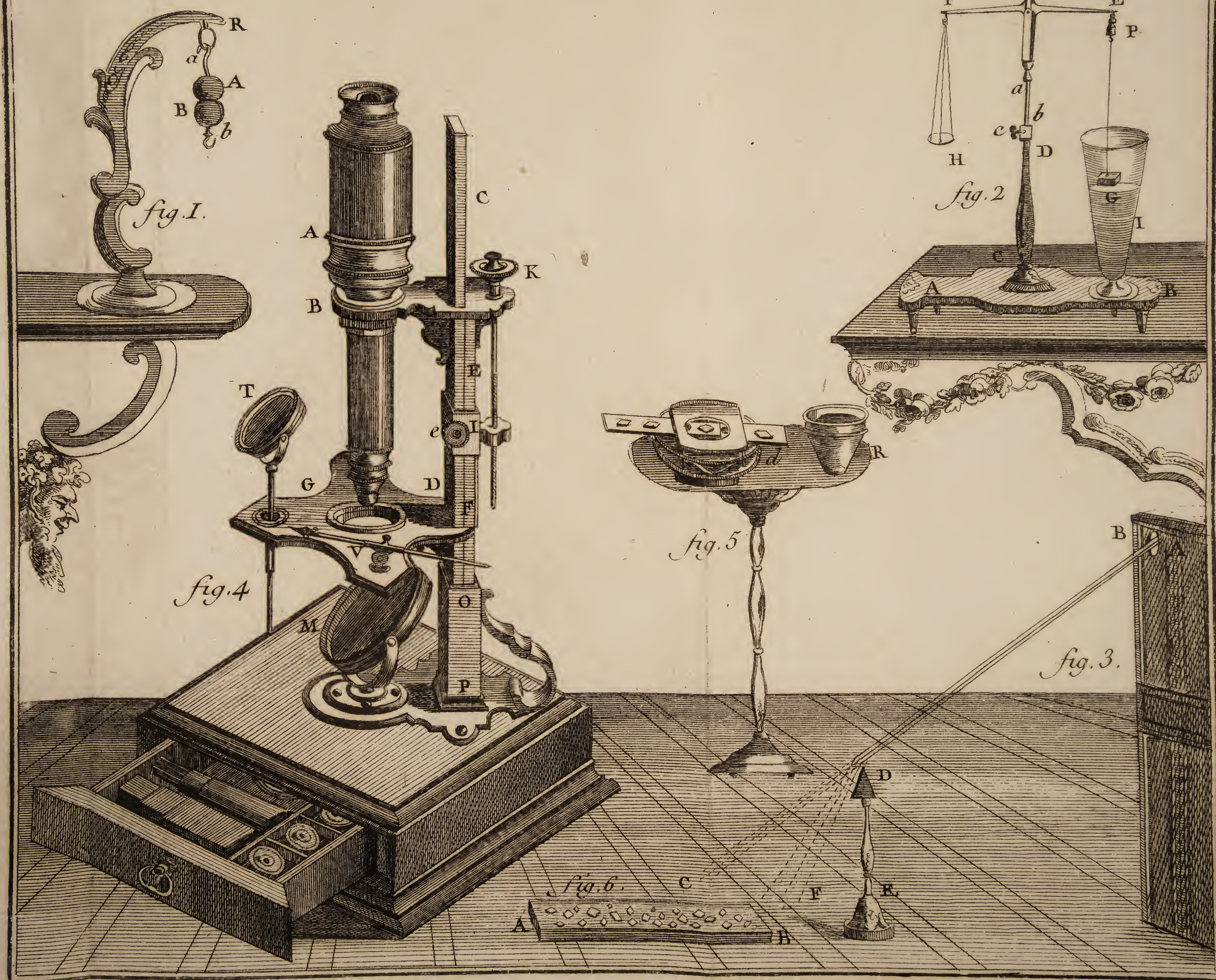
Pag. 275, lig. 21, eu suspendant ; *lisez* en suspendant.



Billé del. Sculp.



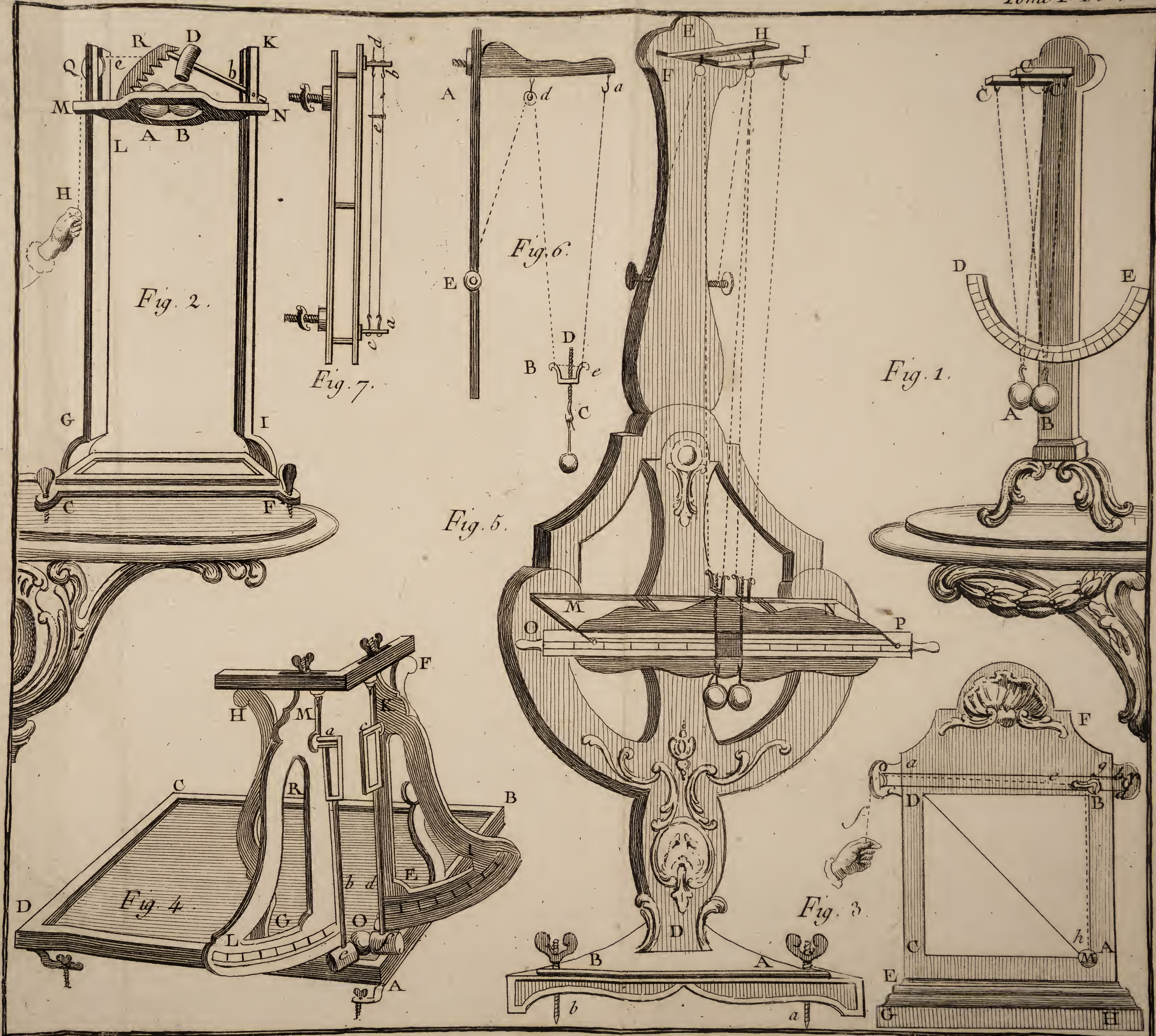
Billé, del. Sculp.



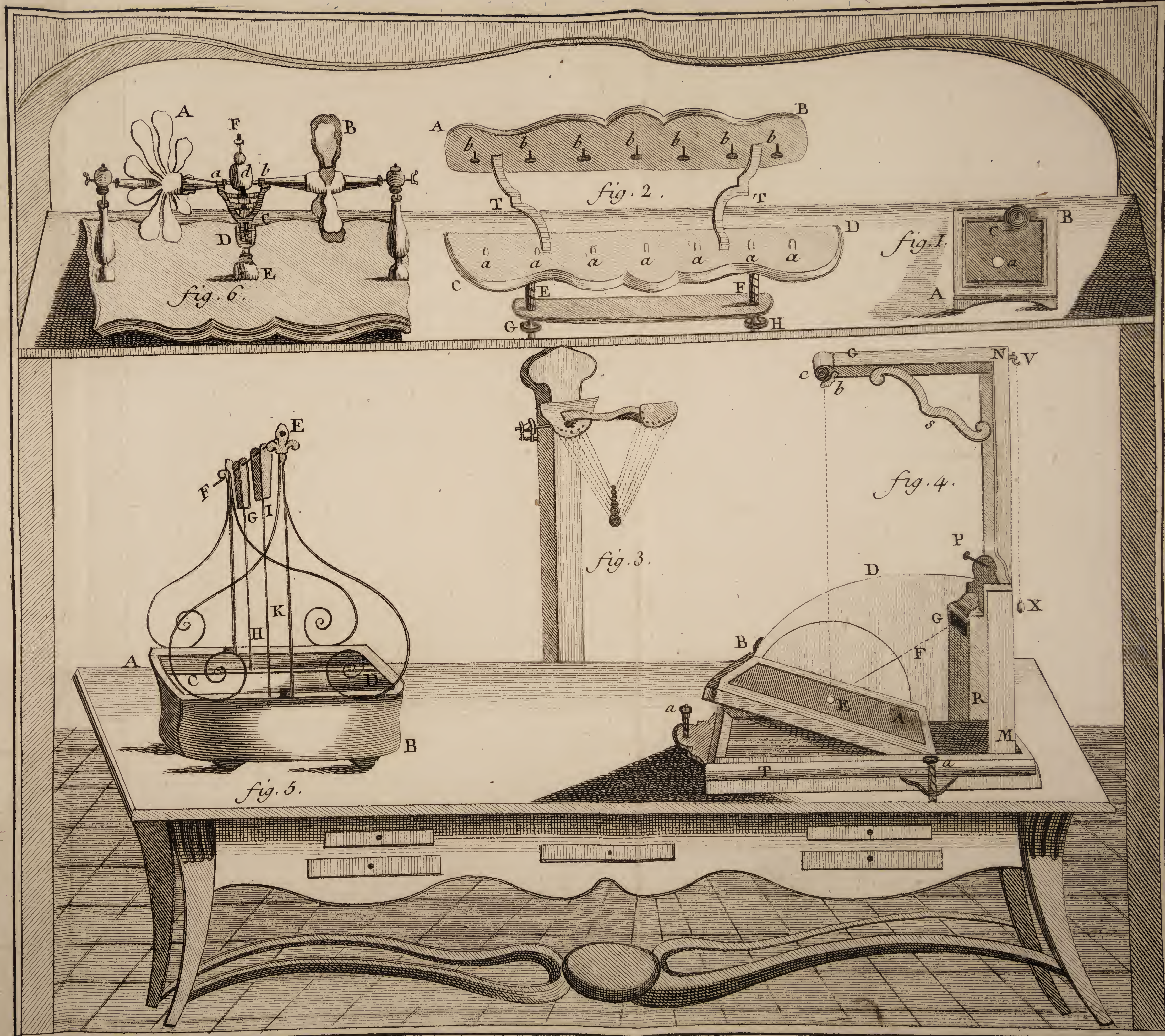
Bille del. Sculp.



Desrais. del. Borgnet. Sculp.

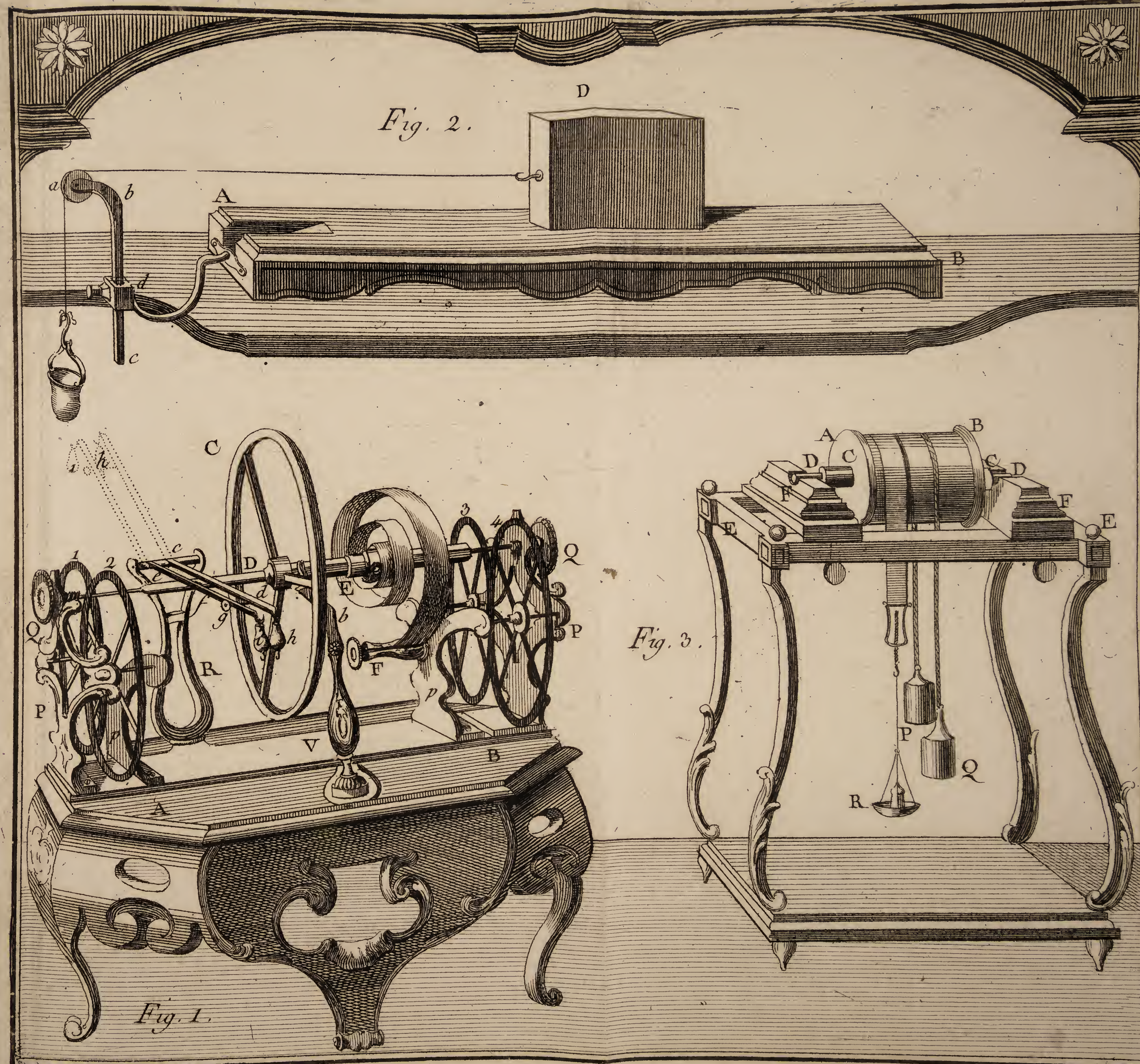


Desrais. del. Borgnet. Sculp.

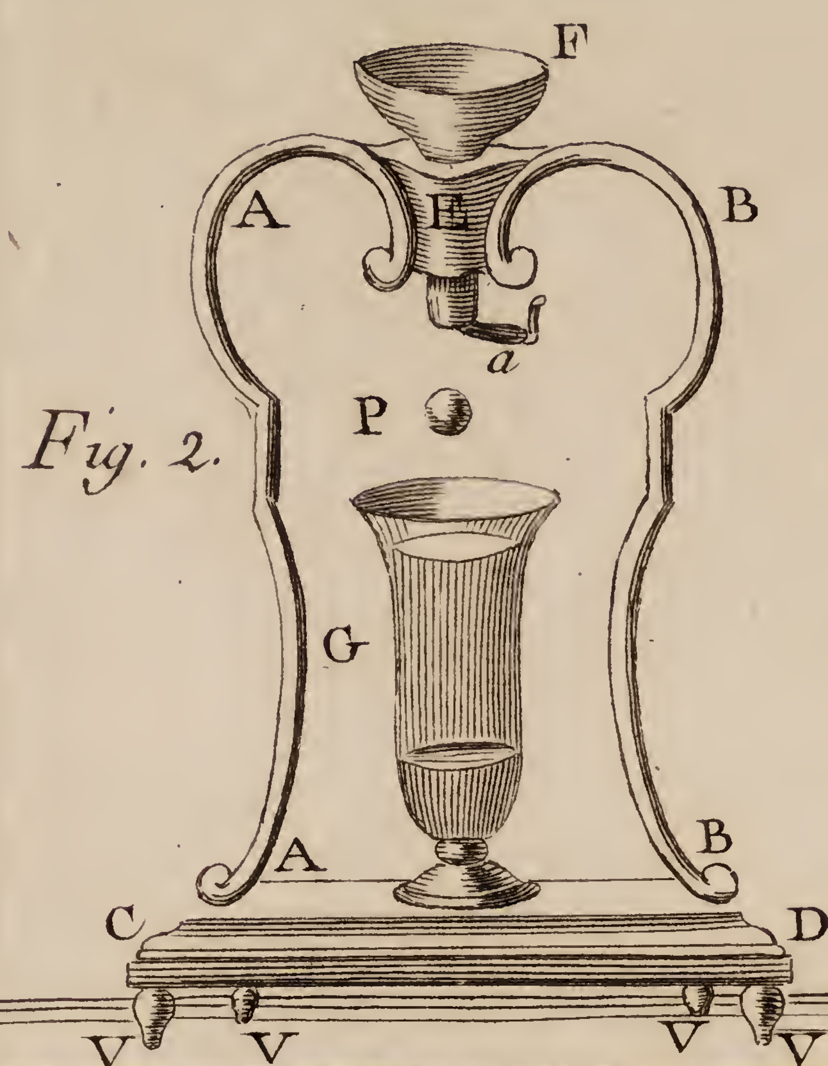


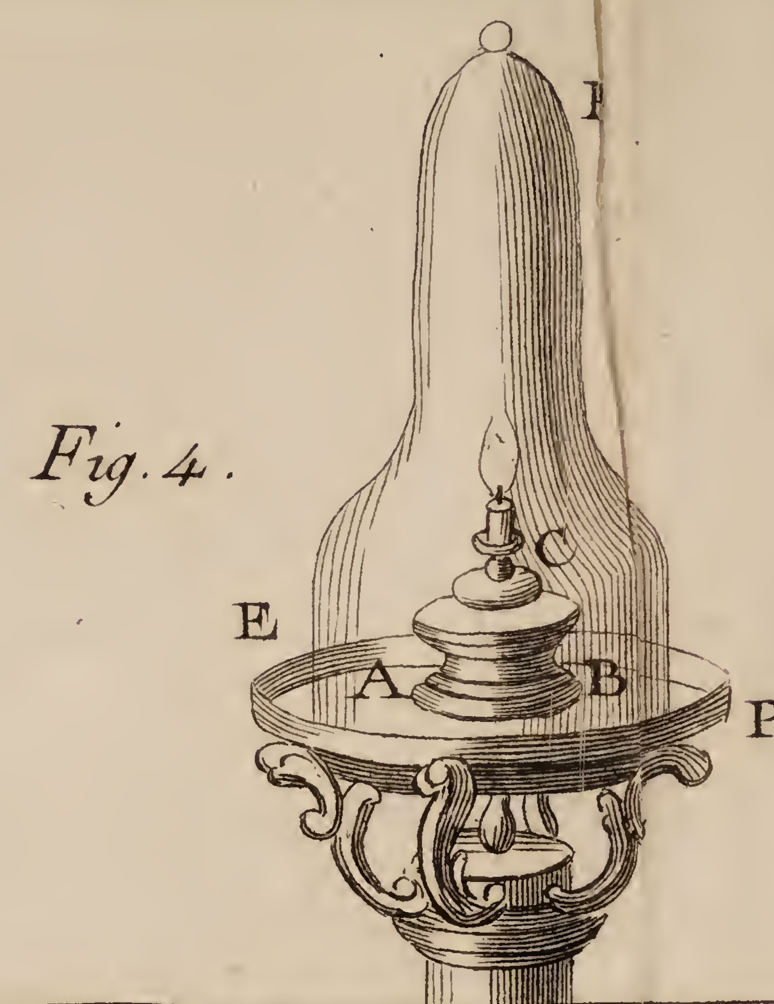
Chabrun. del.

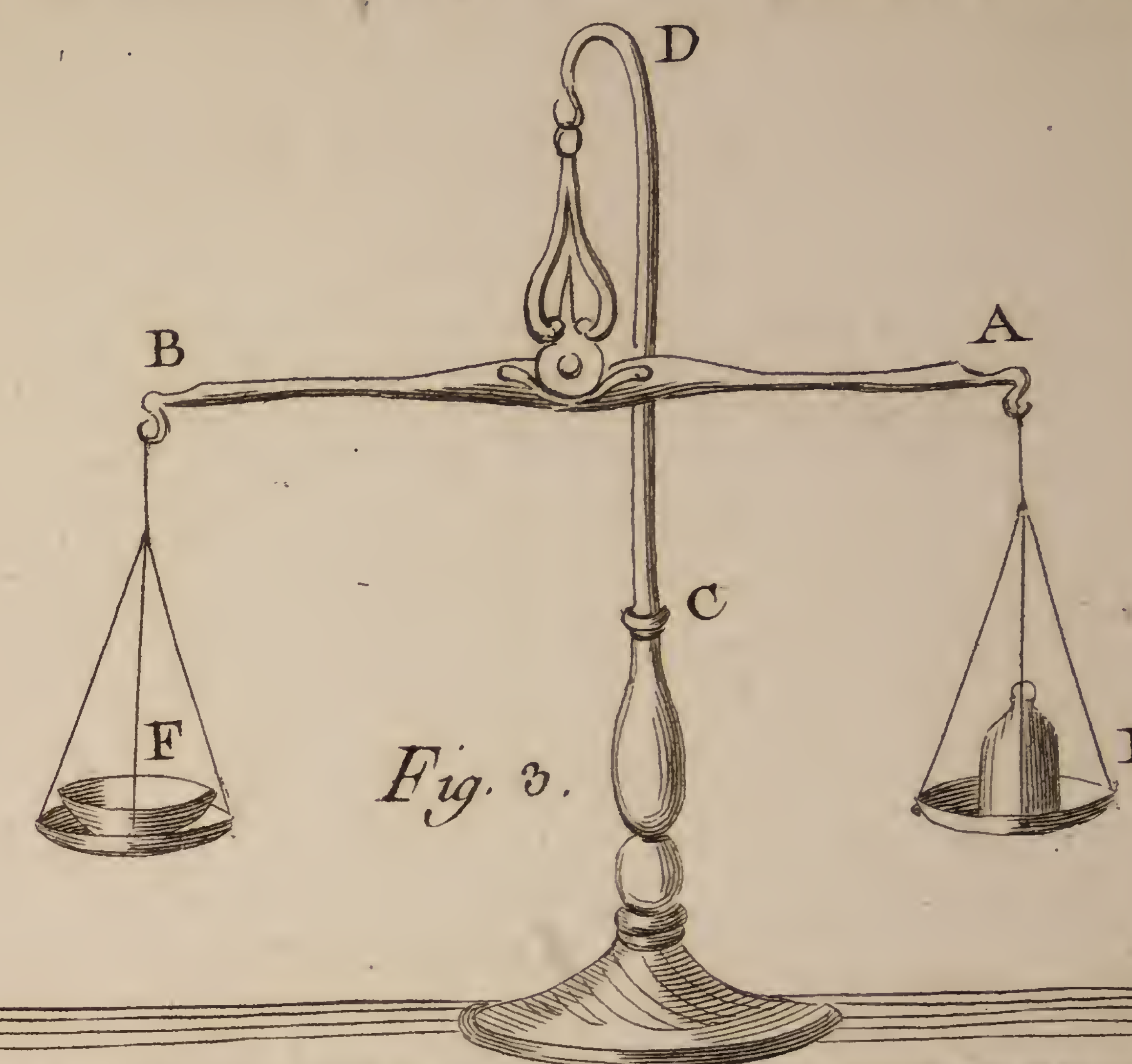
E. A. Giraud Sculp. 1774.



Borgnet. Sculp.







A

Fig. 5.

B

C

D

B

A

C

F

P

E

I

S

Fig. 1.

n

K

G

R

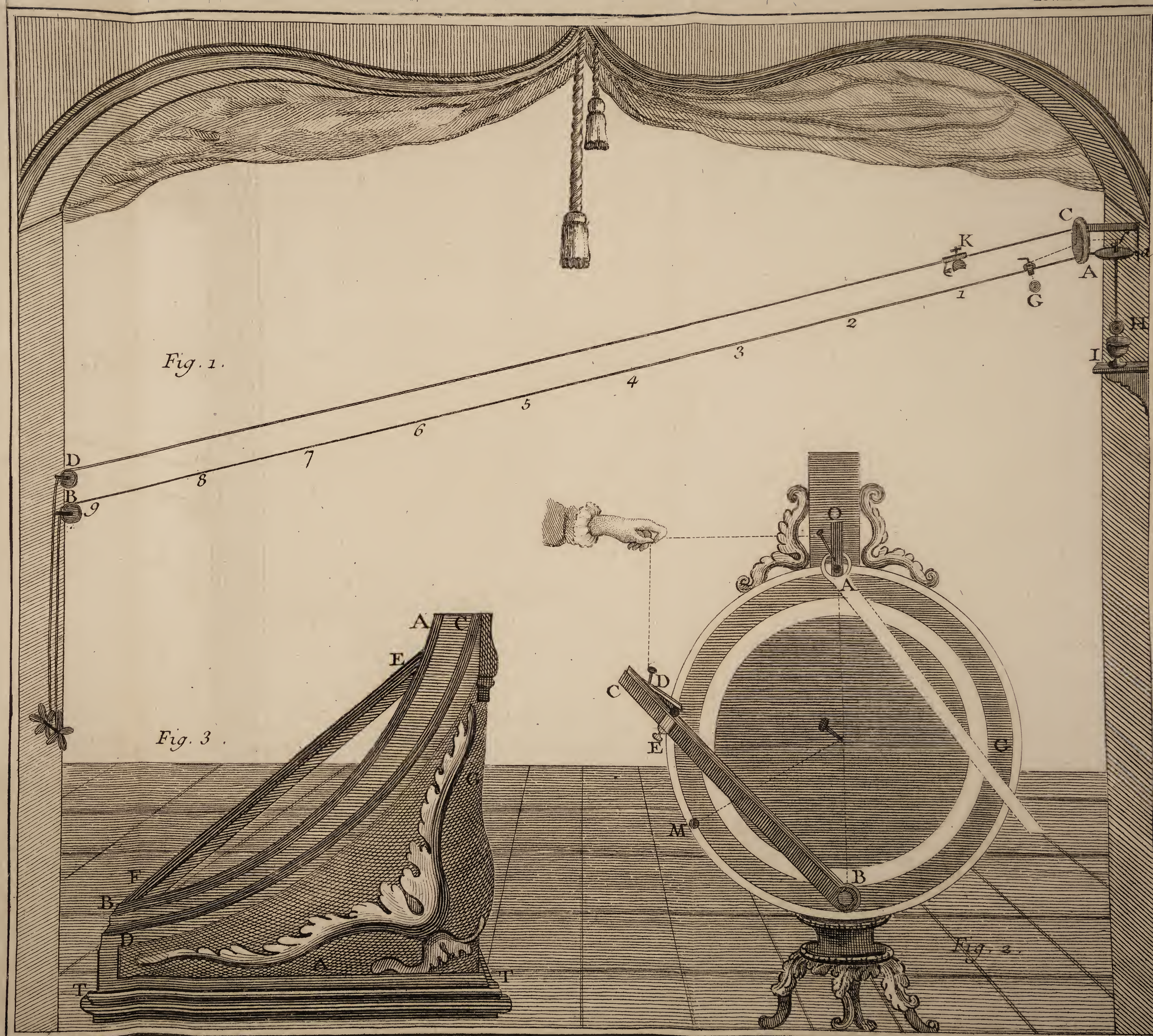
D

Q

H

L

Desrais. del. *Borgnet Sculp.*



Chabrun Del.

E. A. Giraud Sculp. 1775.

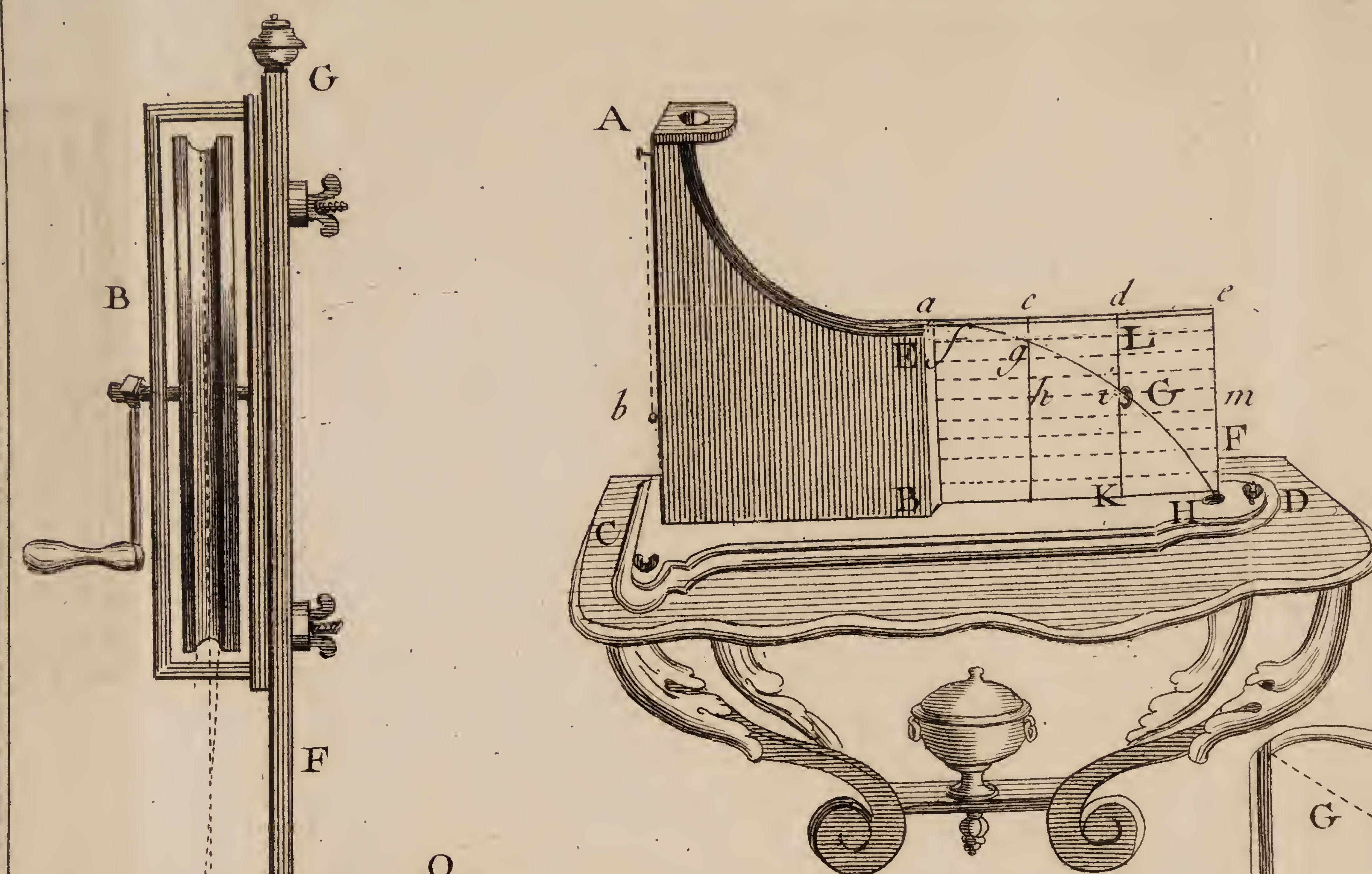


Fig. 1.

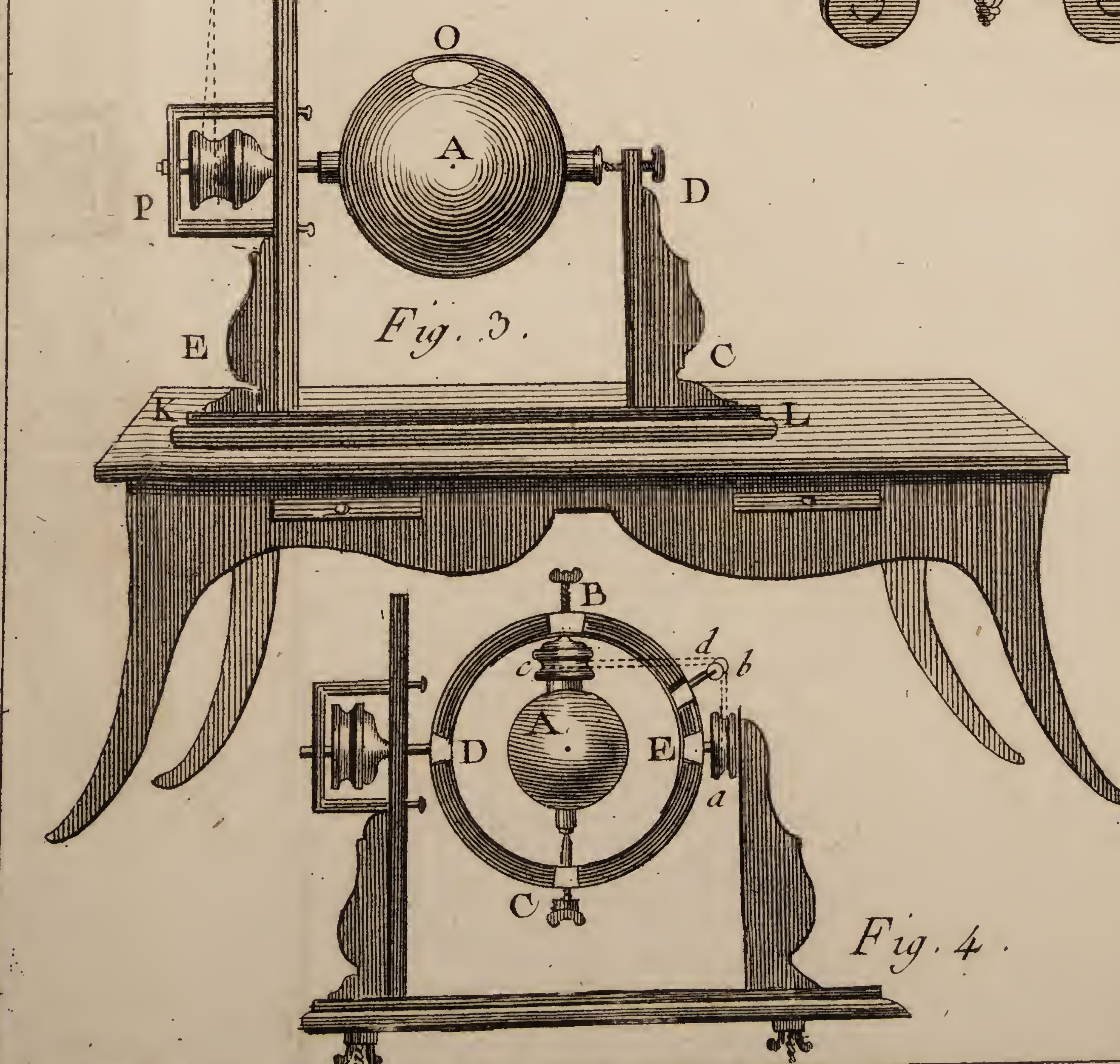


Fig. 3.

Fig. 4.

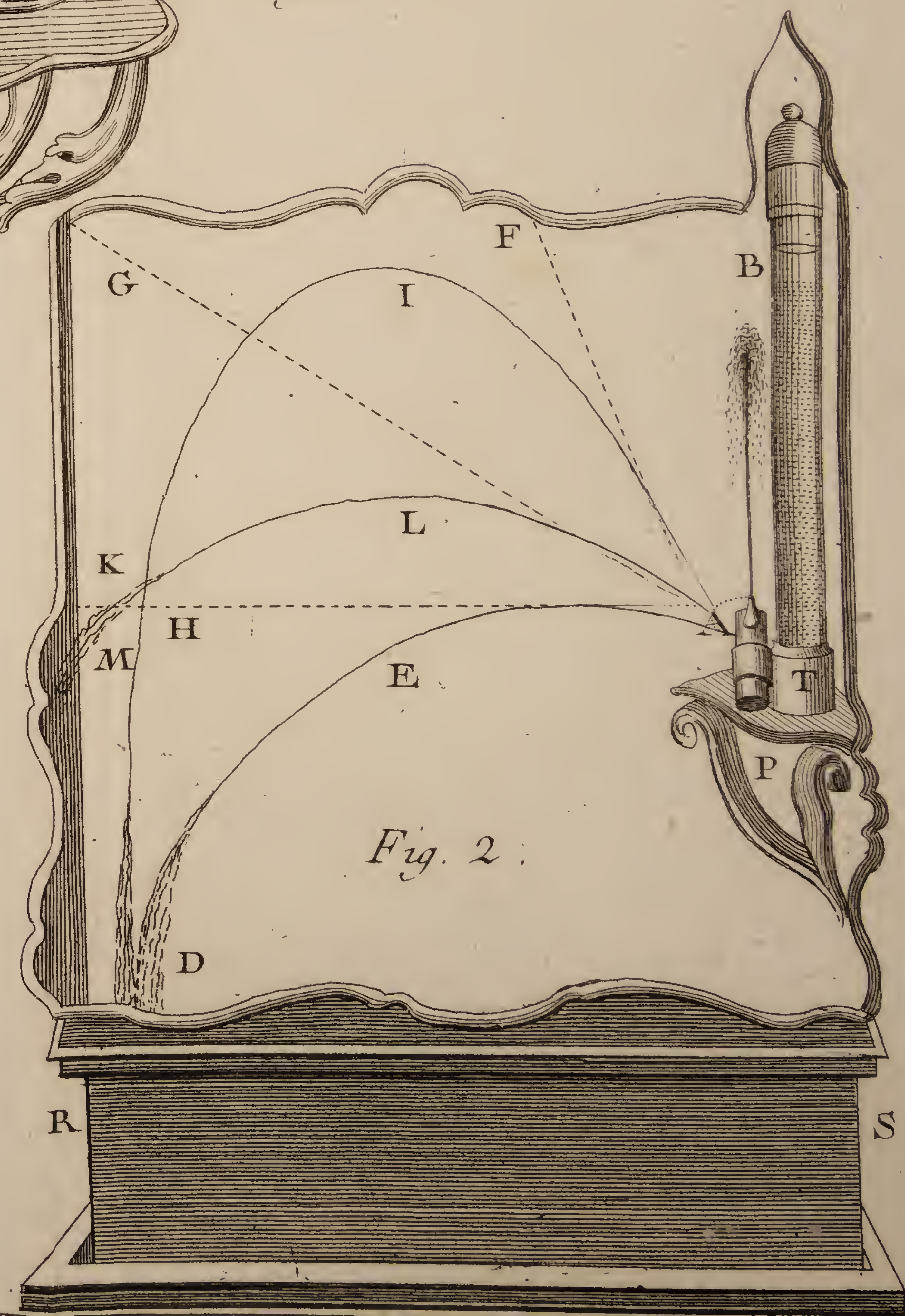
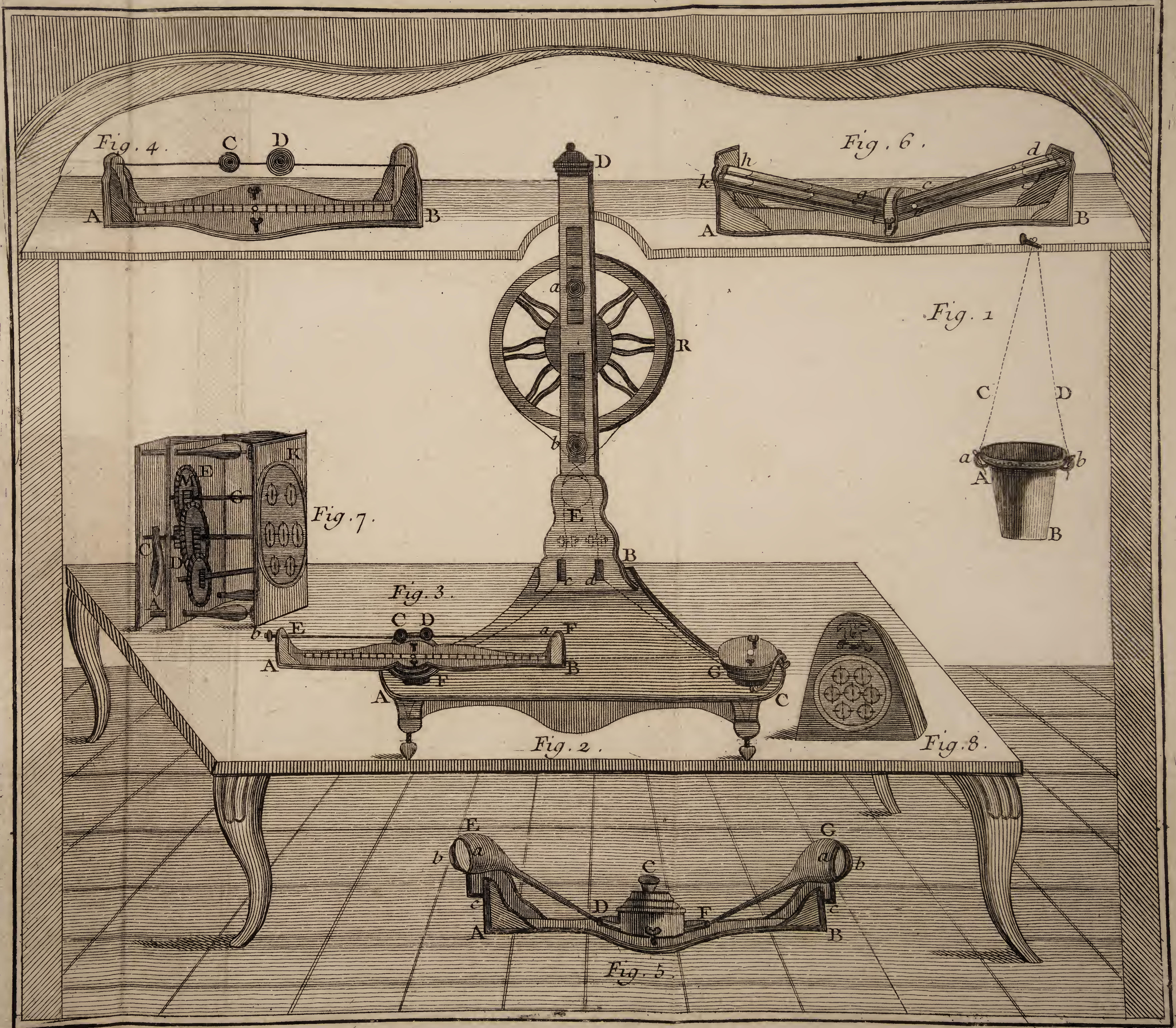
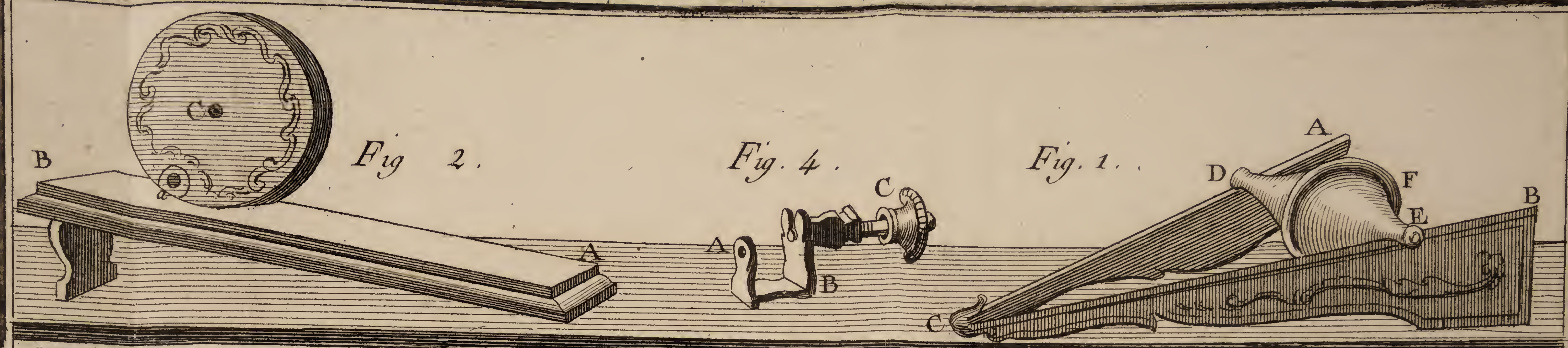


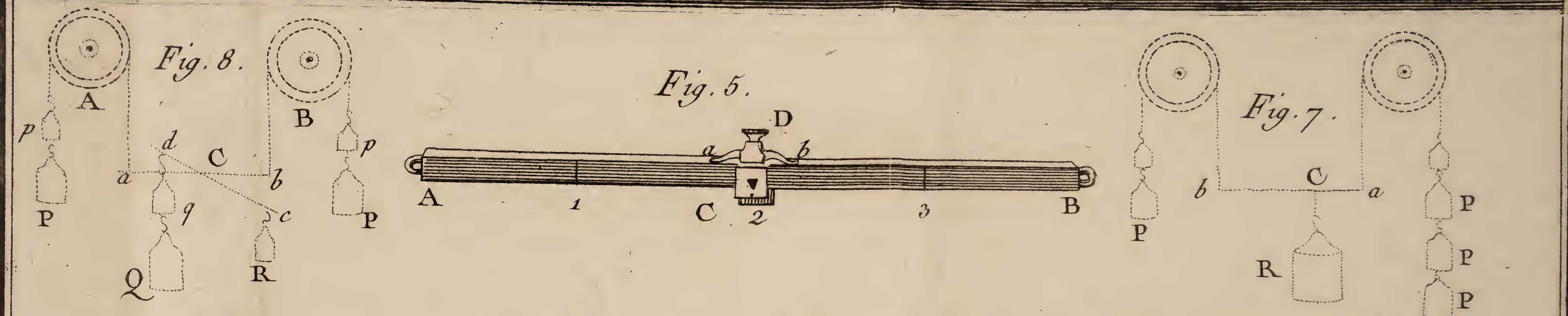
Fig. 2.

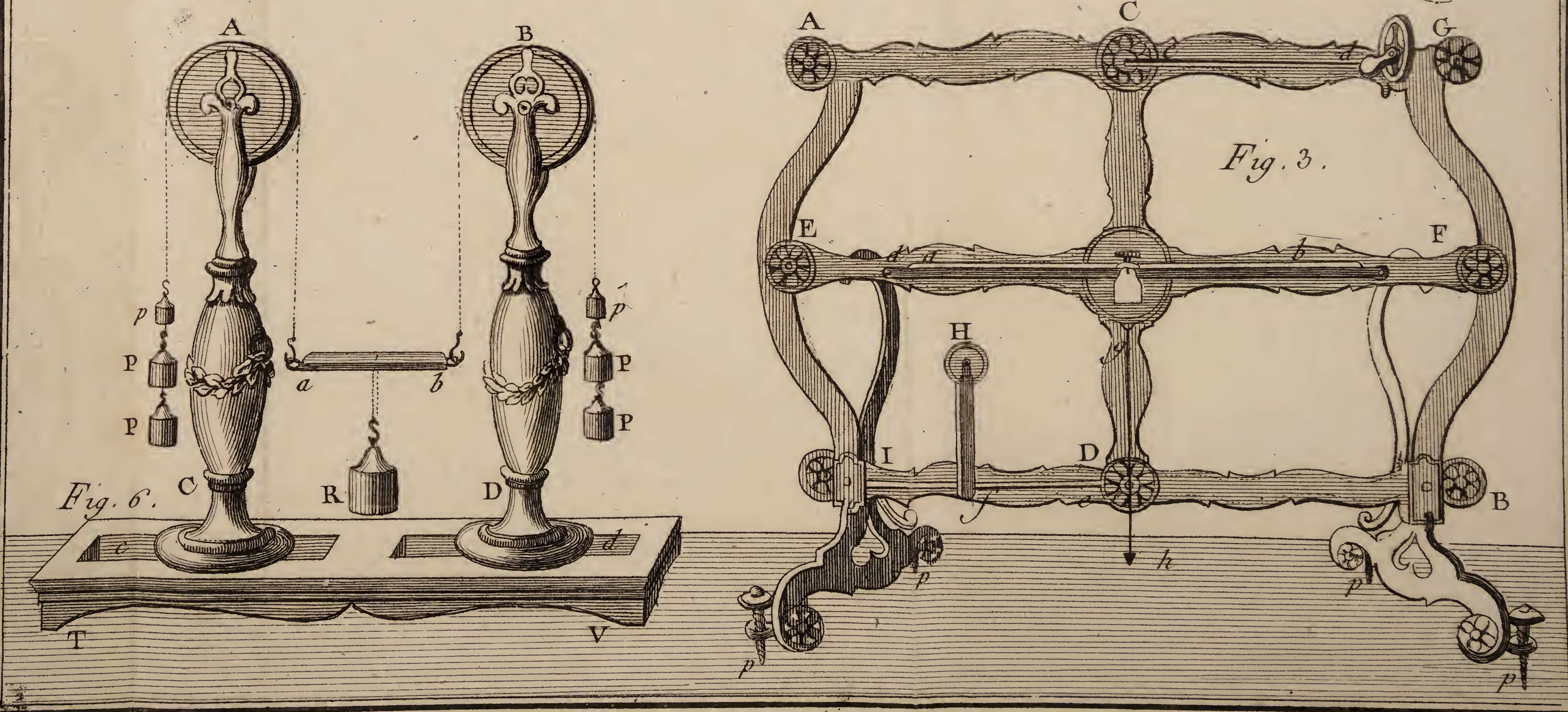
Borgnet. Sculp.



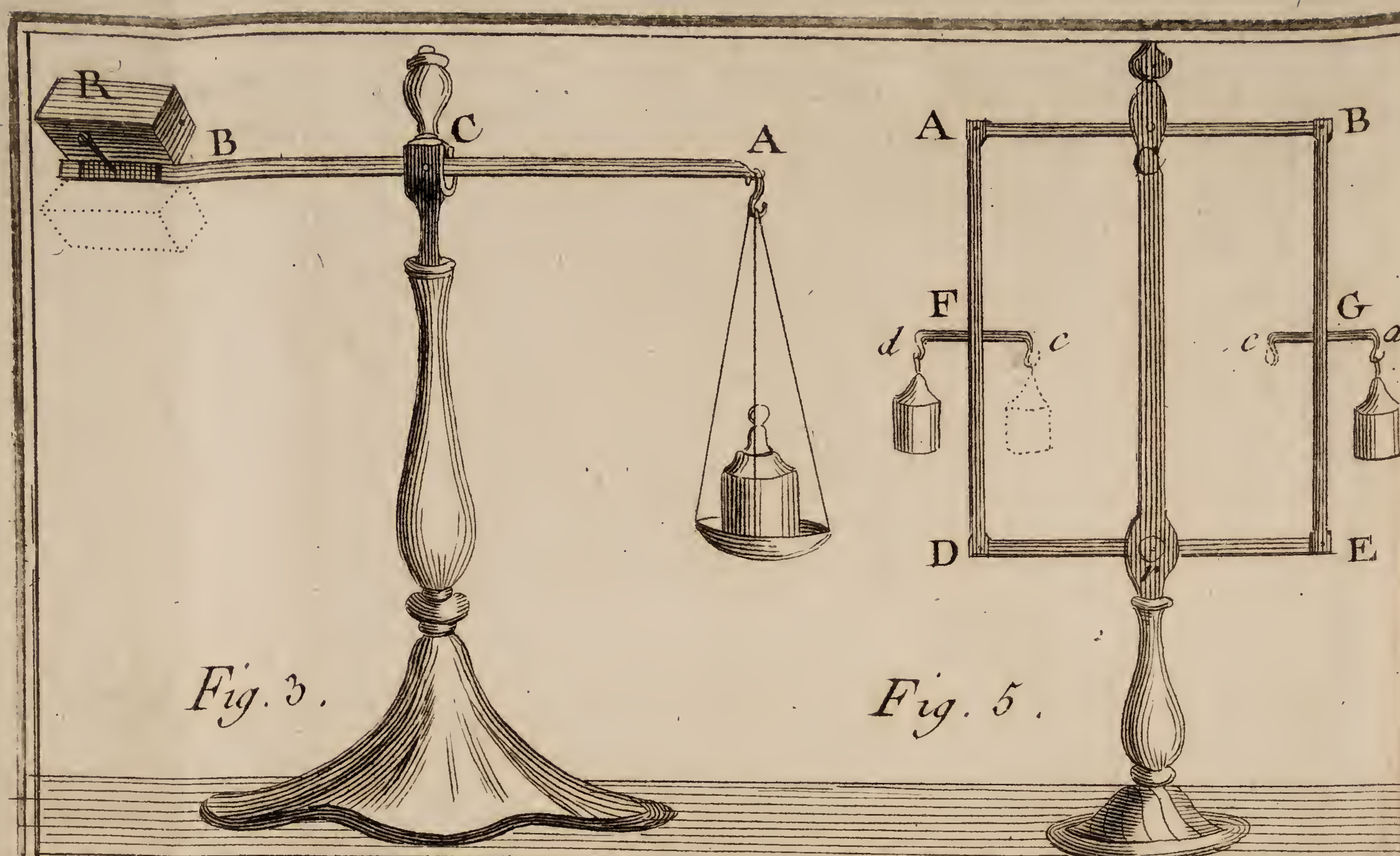
Chabrun Del. E. A. Giraud Sculp. 1775

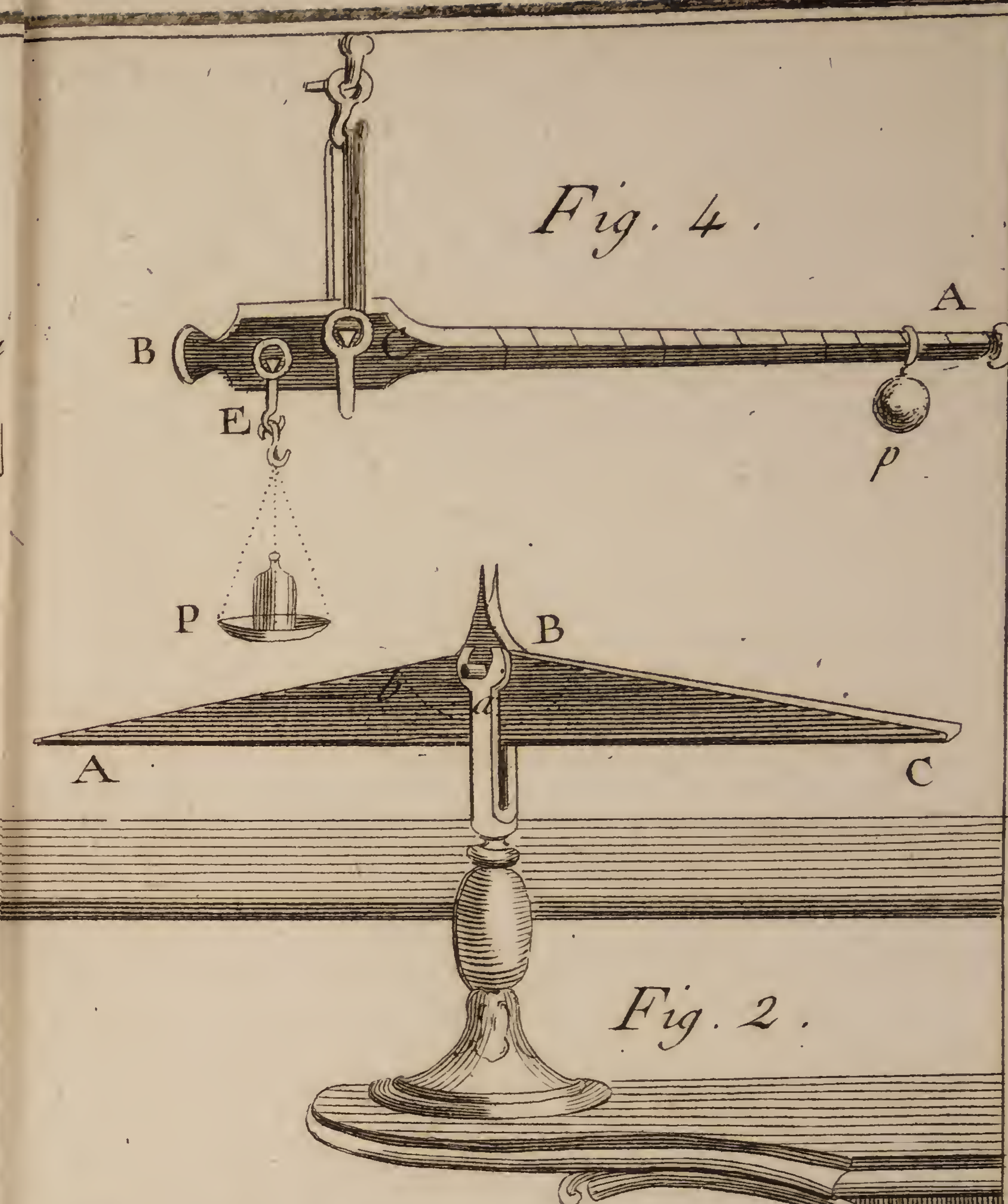




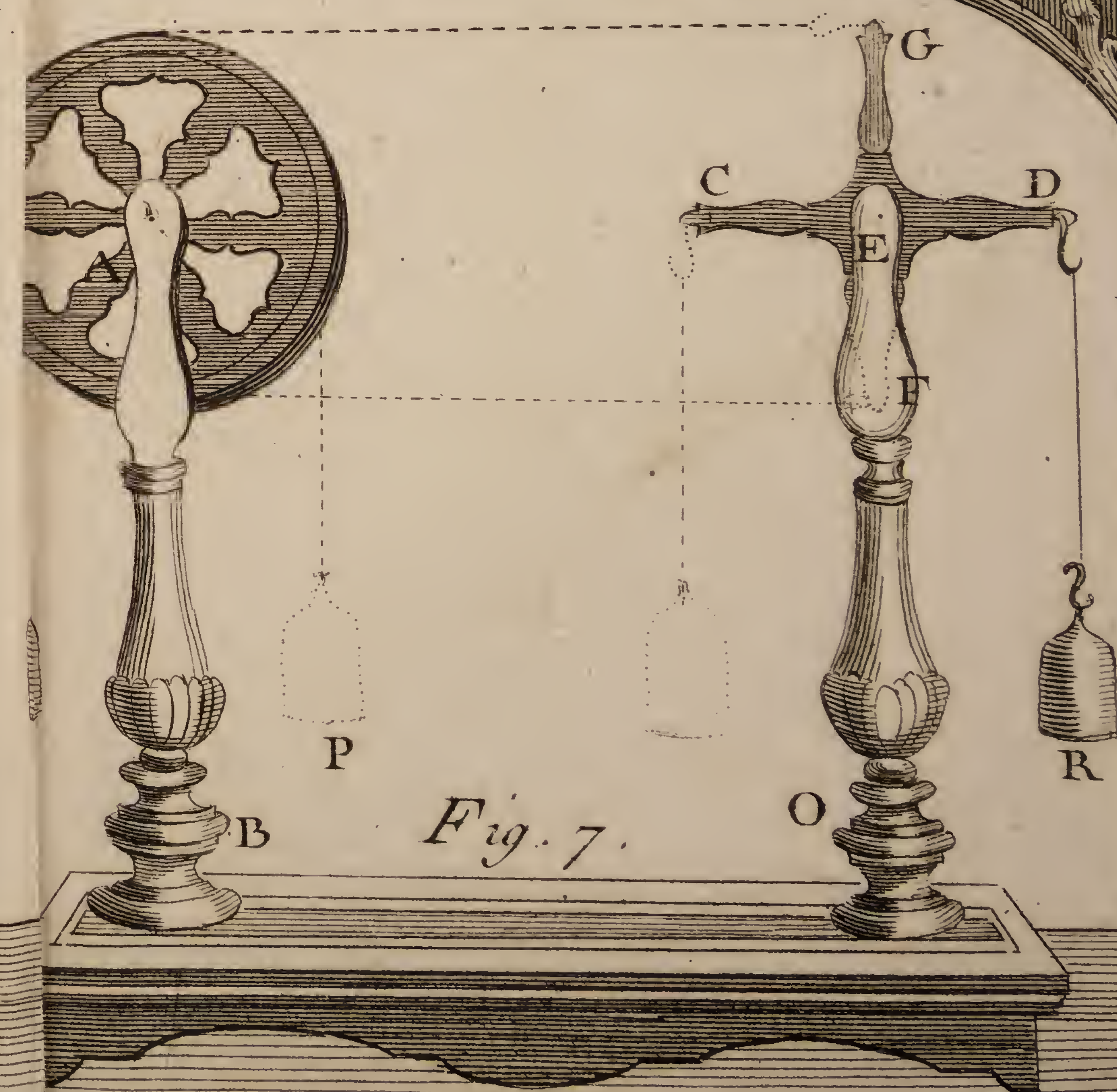


Borgnet. Sculp.

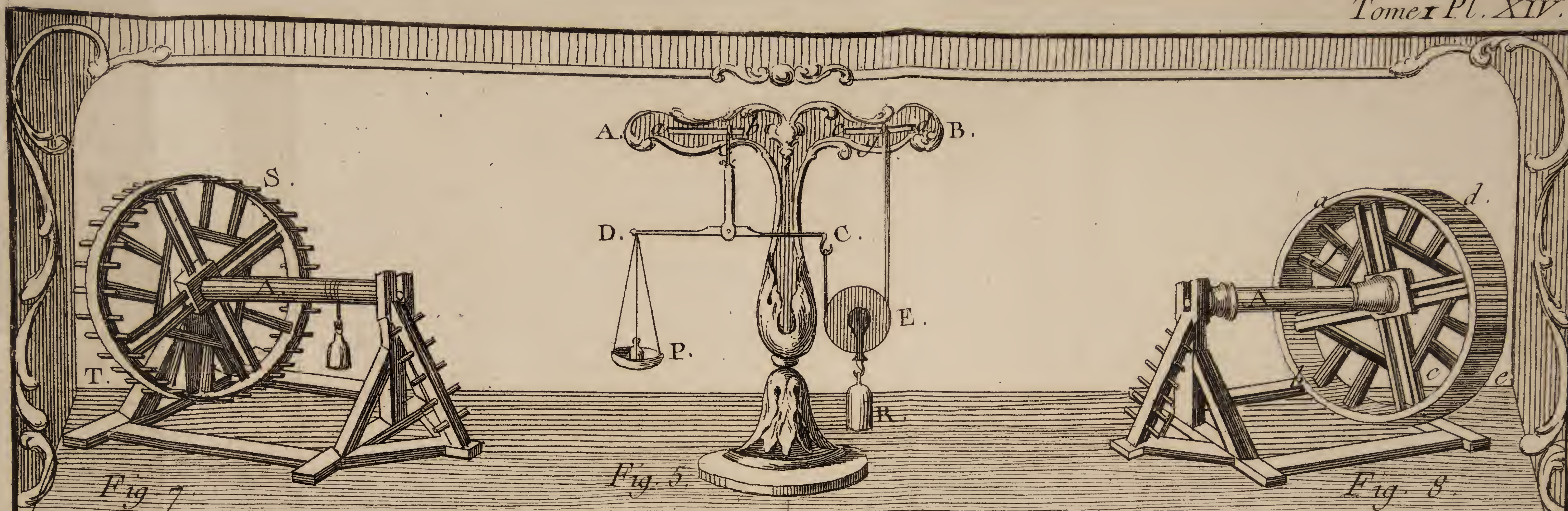




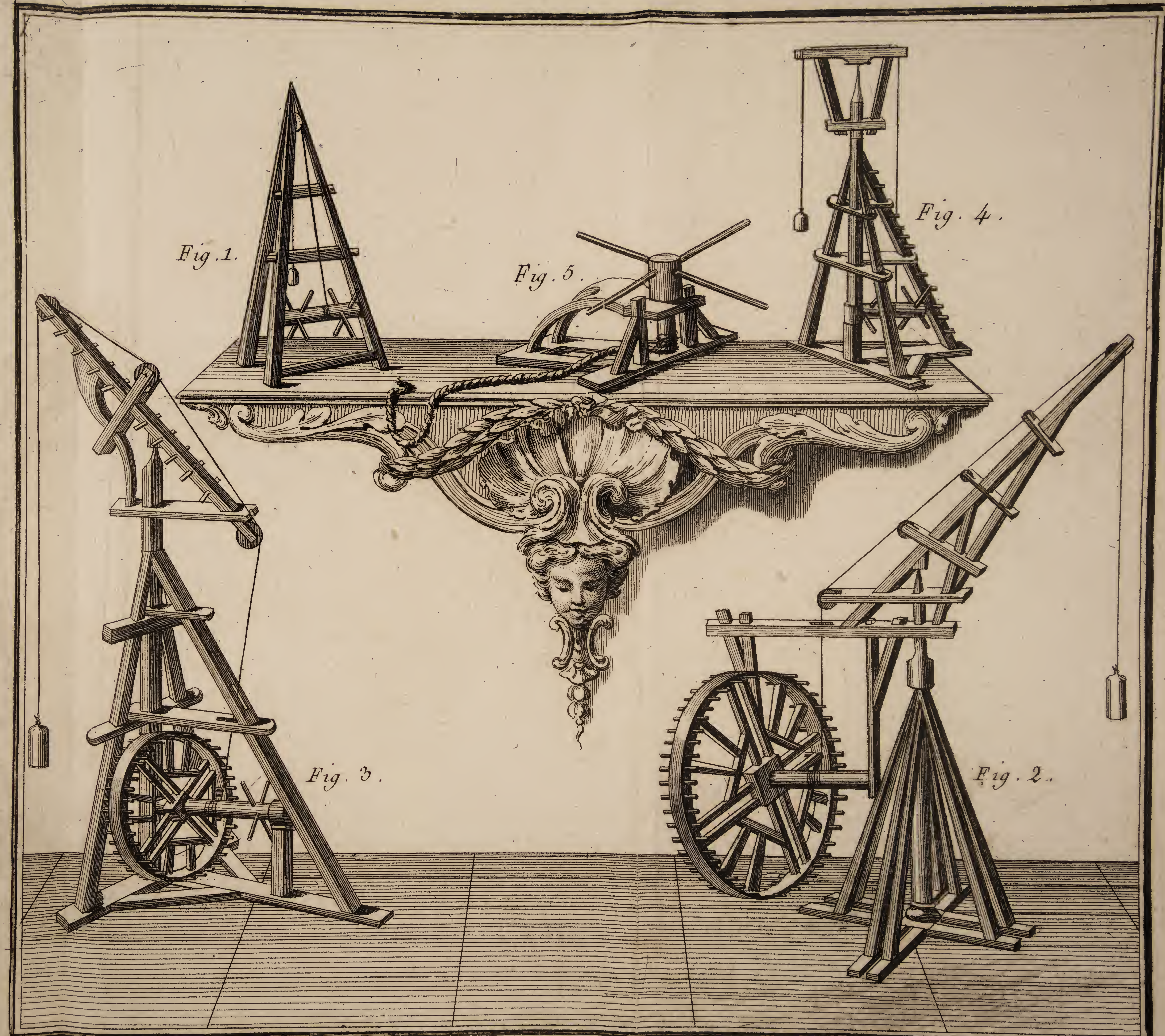




Borgnet. Sculp.



Desrais. del. Borgnet. Sculp.



Desrais. del.

Borgnet. Sculp.



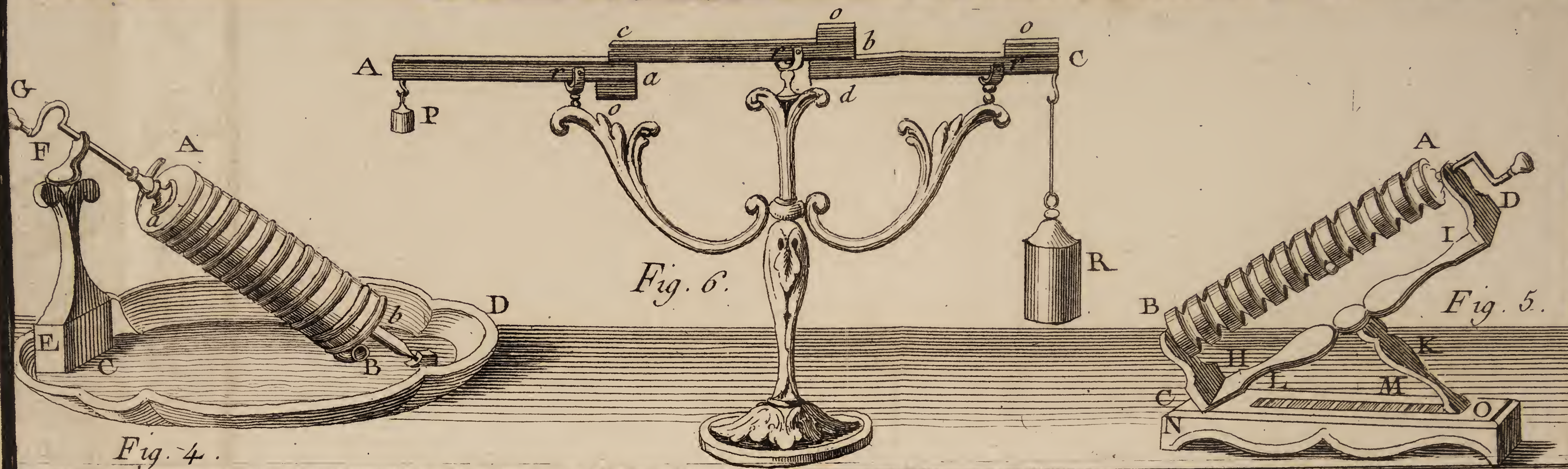


Fig. 7.

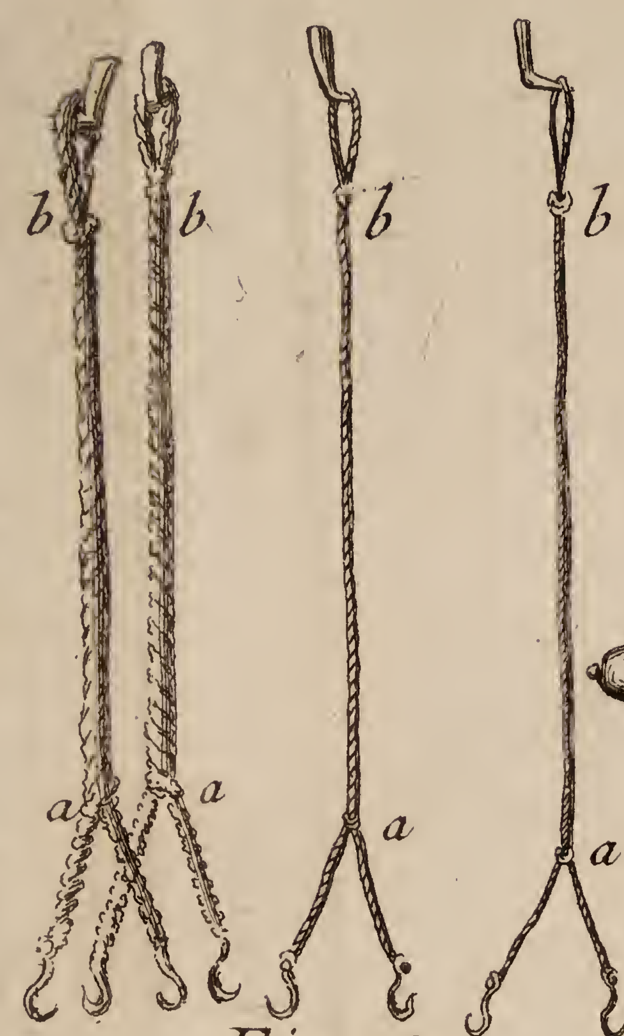
Fig. 1.

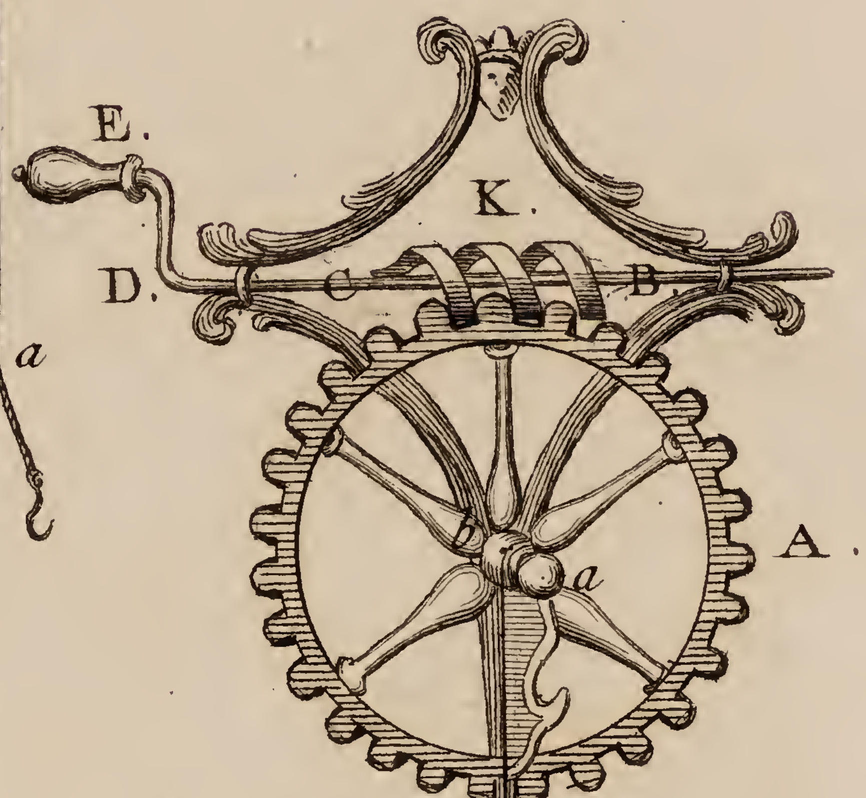
Fig. 3.

Fig. 2.

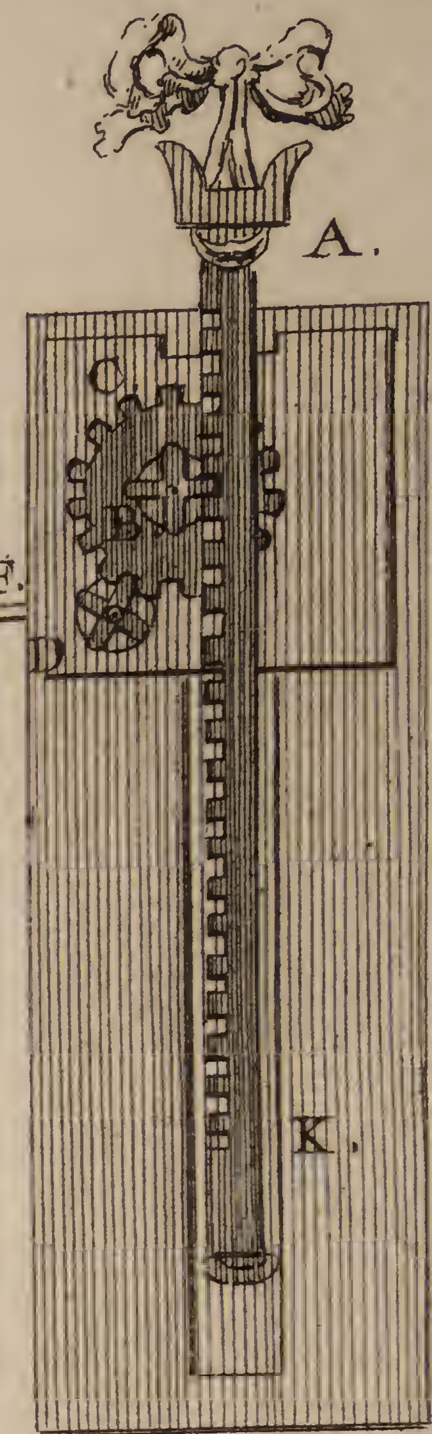
Desrais. del.

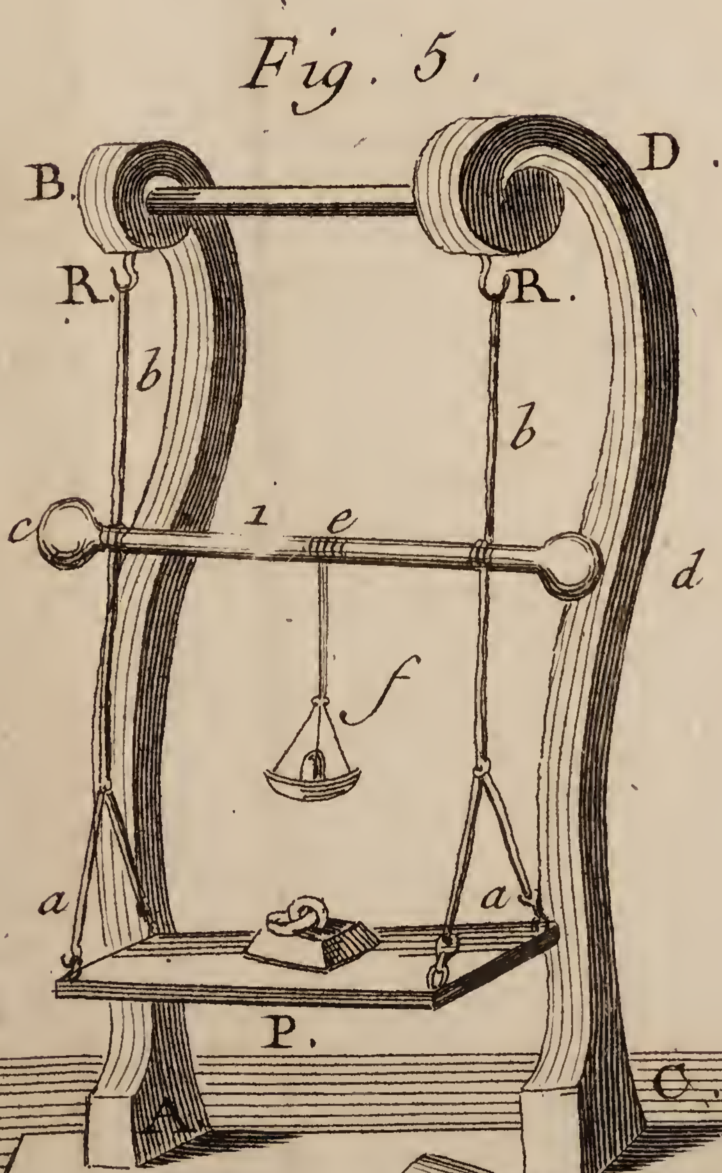
Borgnet. Sculp.

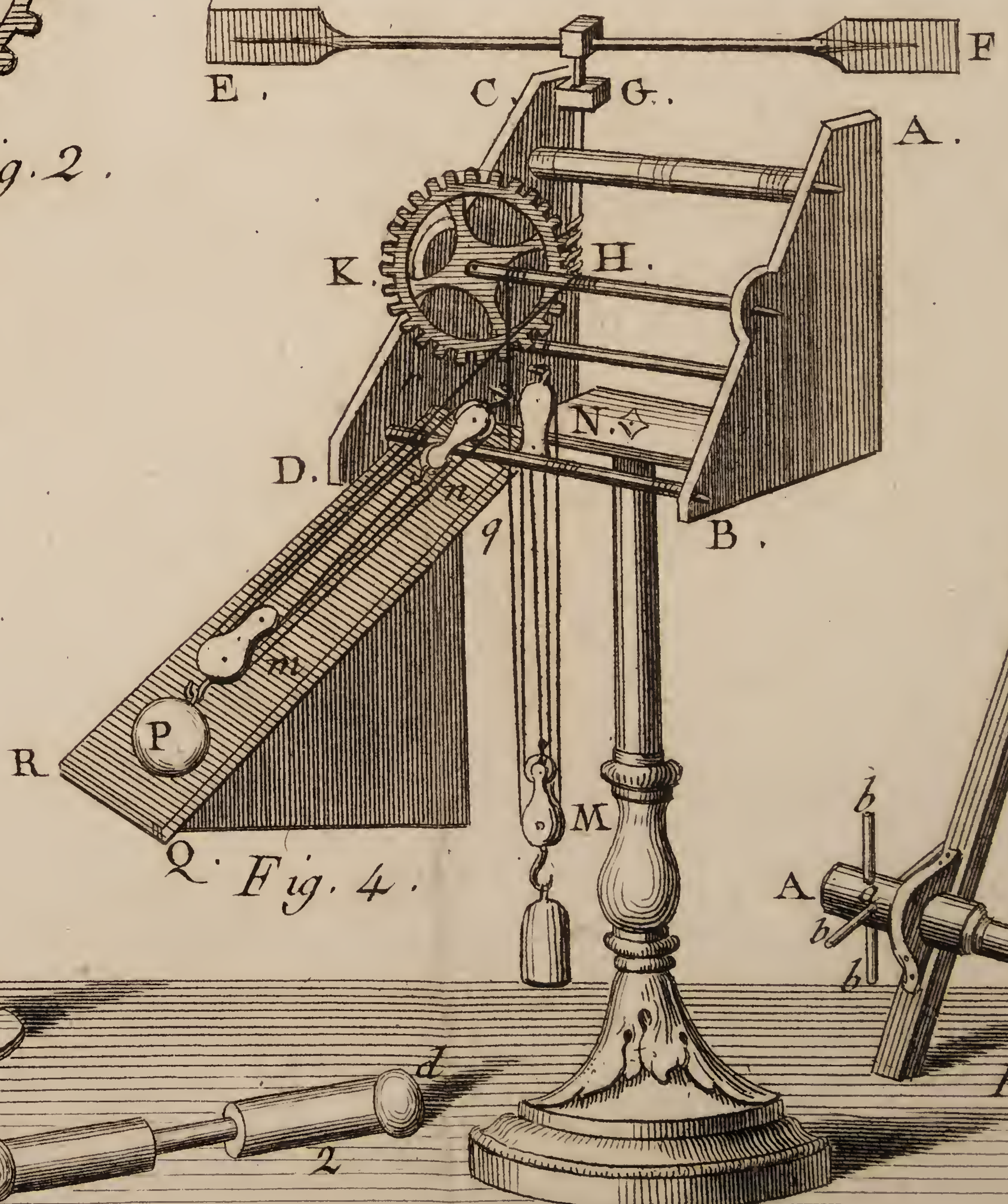


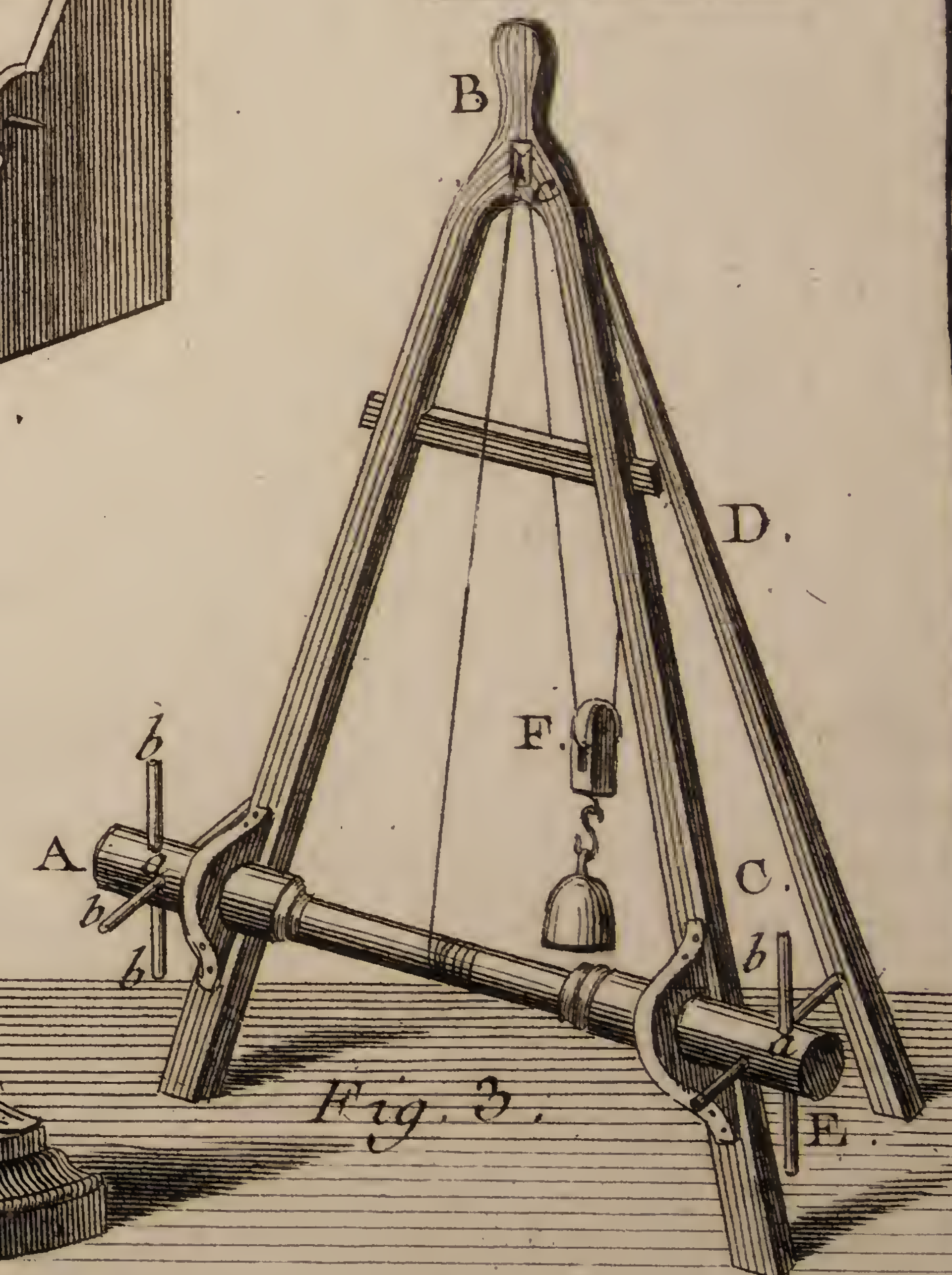


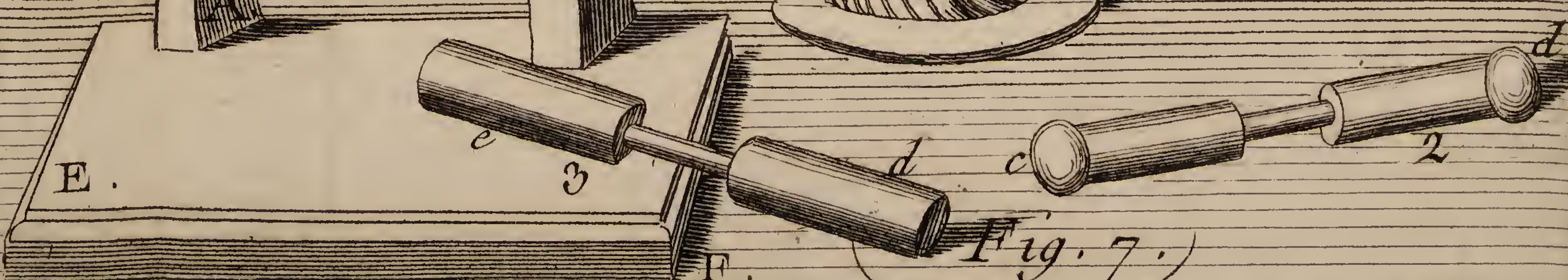












Desrais del.

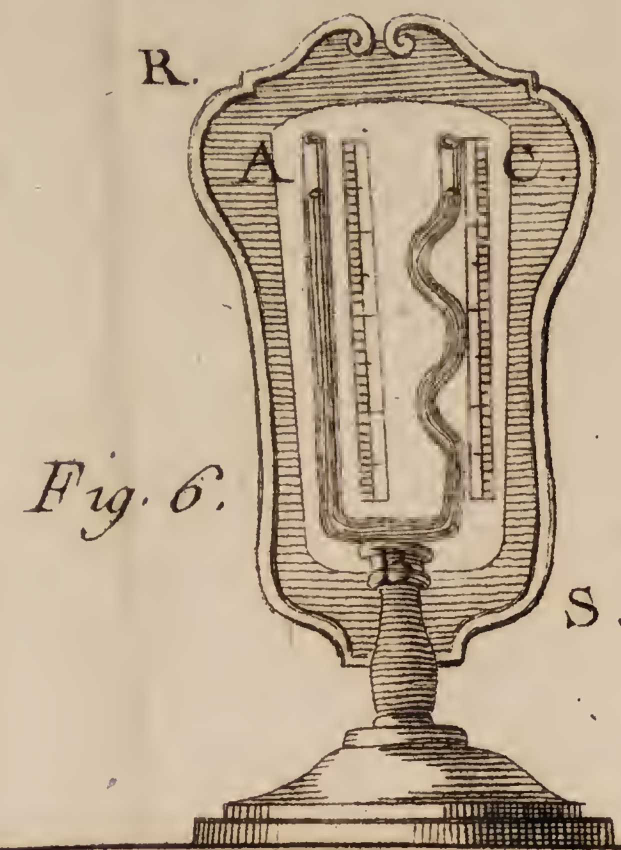
Borgnet. Sculp.

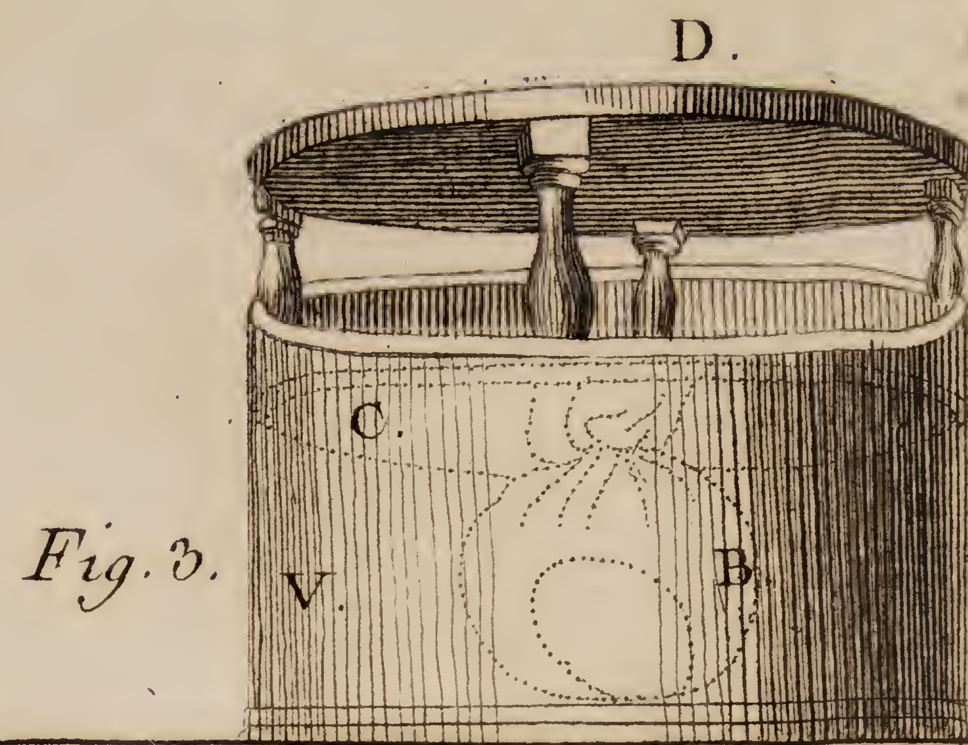


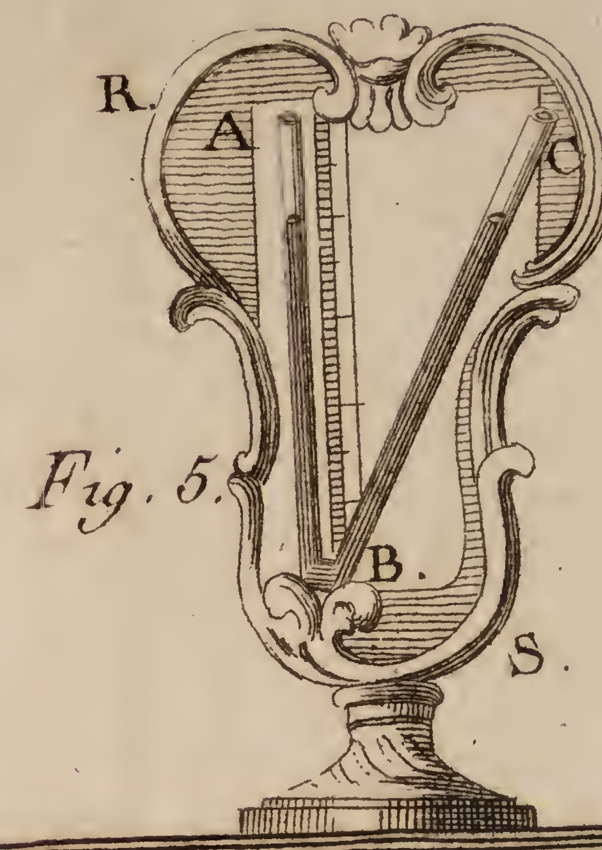
Desrais. del.

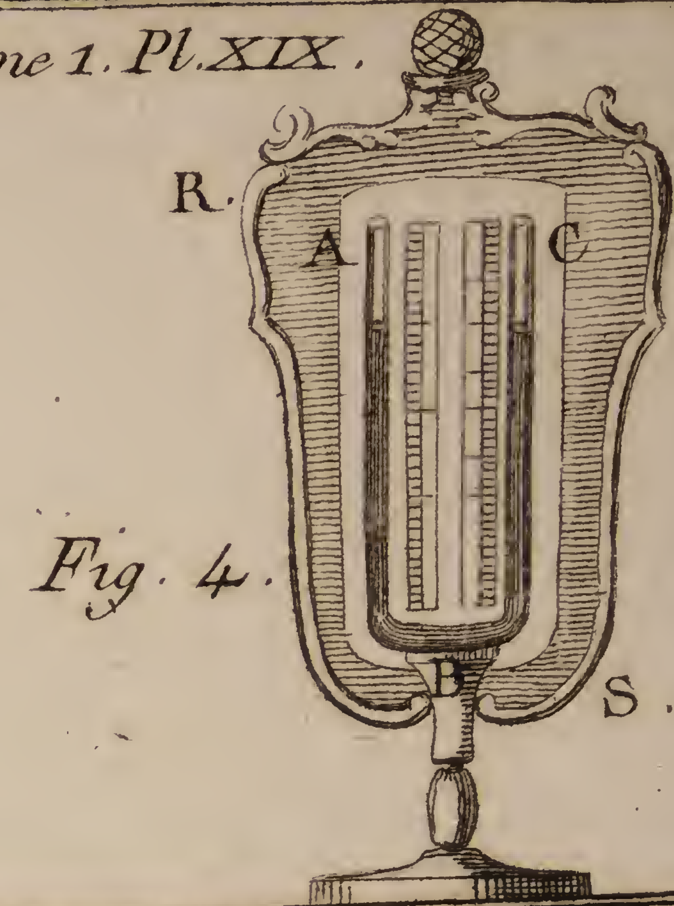
Borgnet. Sculp.

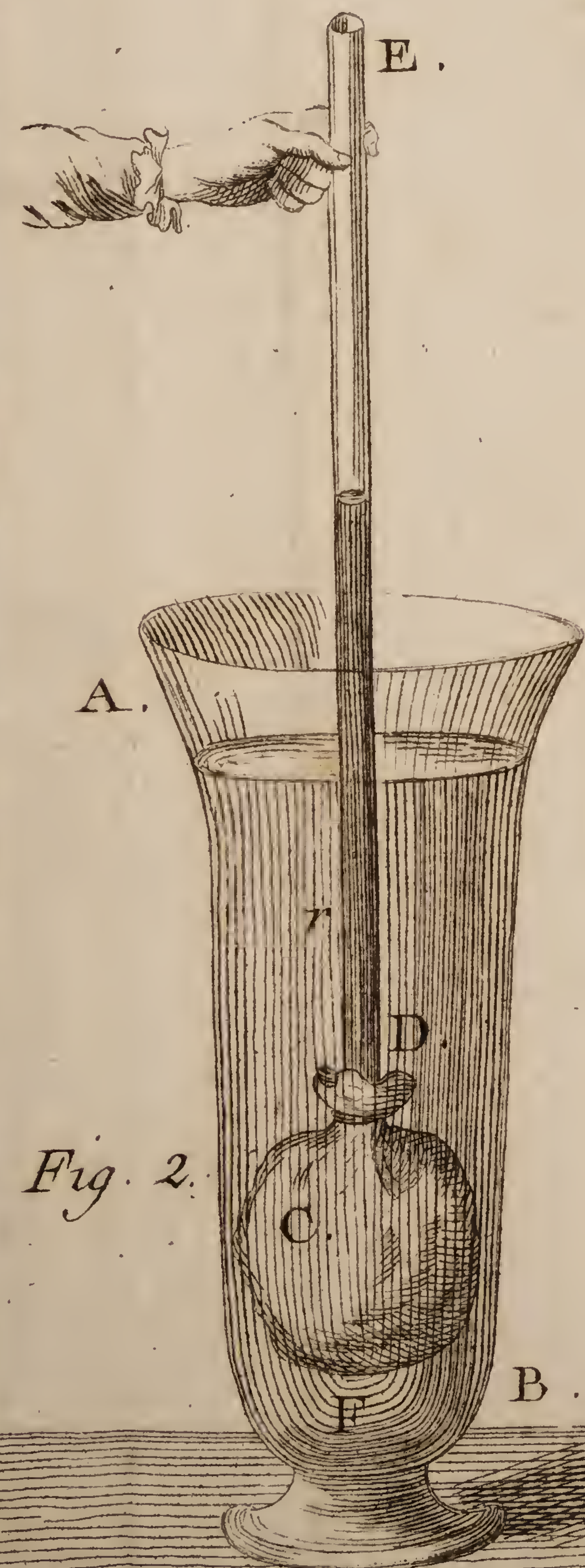






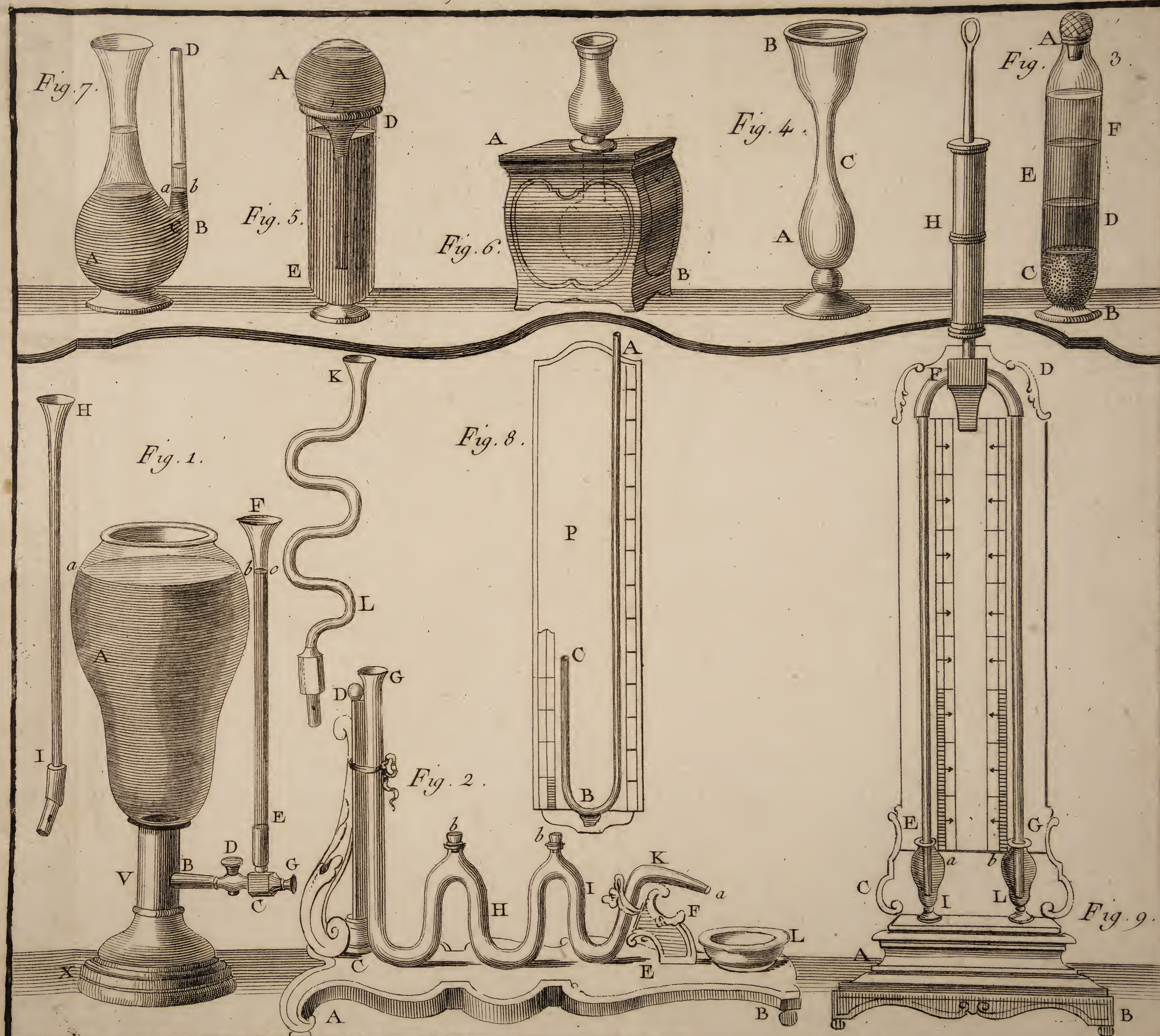






M. b a. L. h. i. K. I G H e. f c. X T. F. F. R. D. D. g. p p V. d Fig. 1. N. P. O. C. C. S. A. B.

Desrais del. Berguet Sculp.



Borgnet. Sculp.

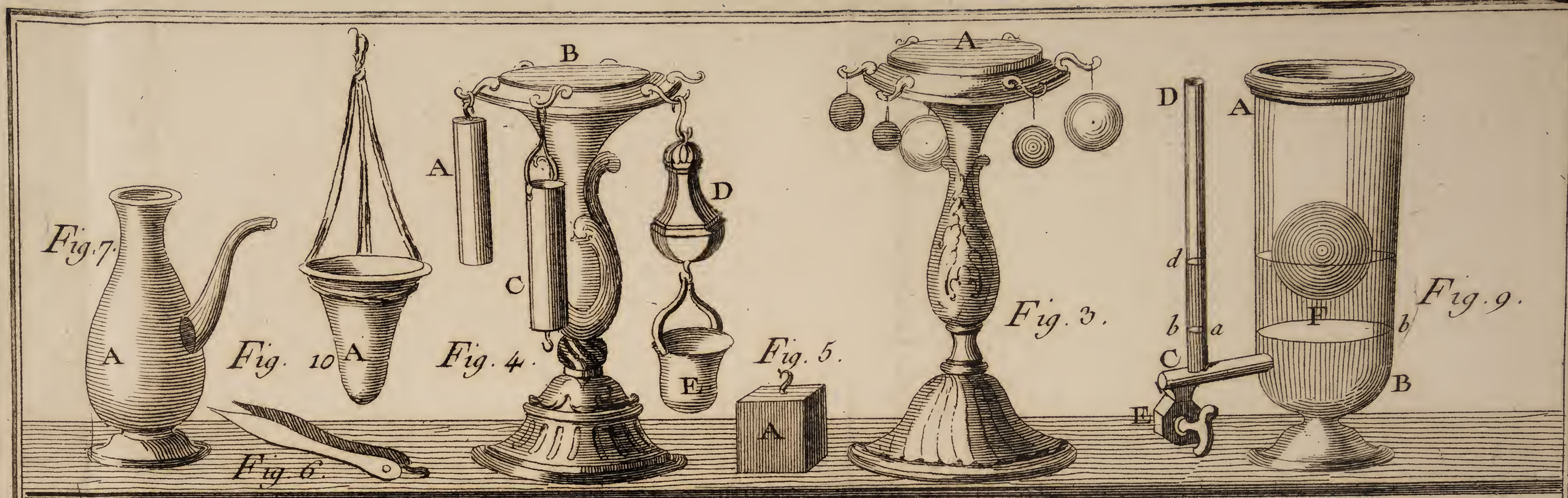
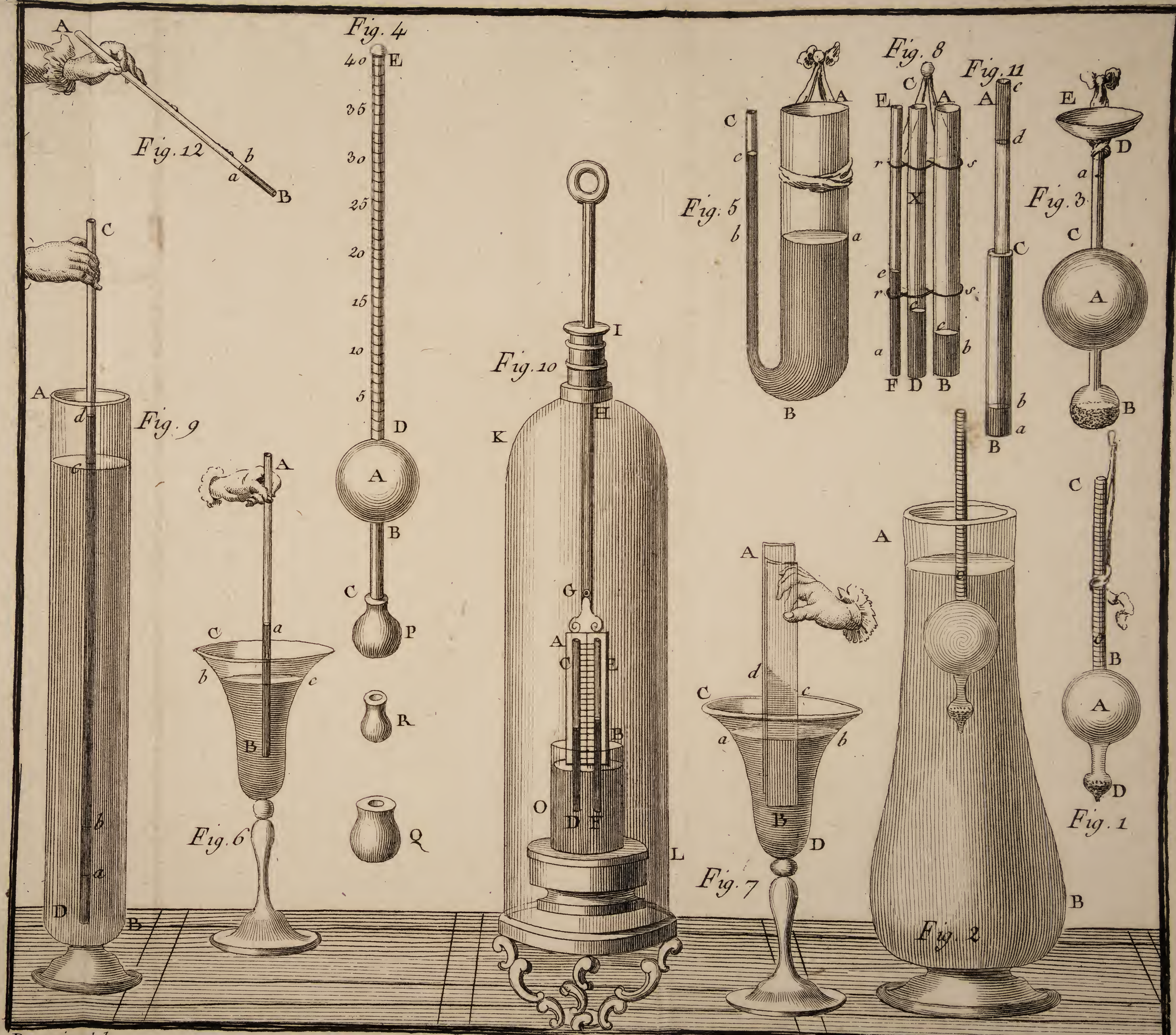


Fig. 8.

Fig. 2.

Fig. 1.

Borgnet. Sculp.



Desrais. del.

Borgnet. Sculp.

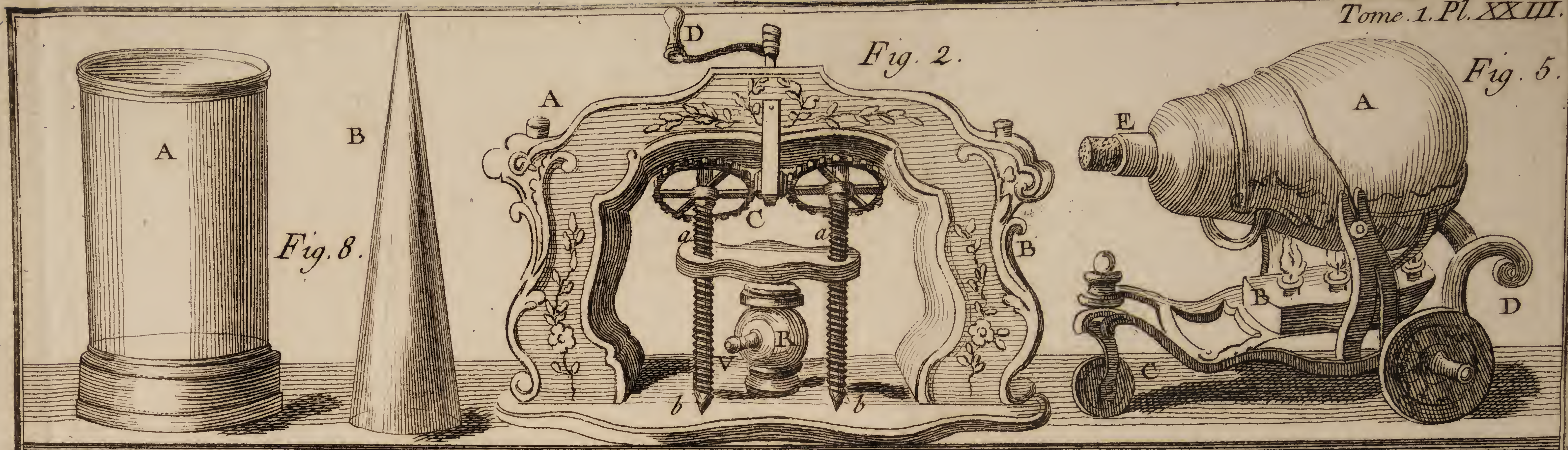


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 4.

Desrais . del.

Borgnet. Sculp.



